

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

**А.А.ГРЕСЬКО
Л.А.ДОЛГАЯ**

СПРАВОЧНИК СЛЕСАРЯ ПО КОНТРОЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРИБОРАМ

**Киев
«Тэхніка»
1988**

ББК 34.9я2
Г80
УДК 621.317.7

Рецензенты: канд. техн. наук Е. Л. Календро, Г. А. Грачев
Зав. редакцией Э. А. Степанова

Гресько А. А., Долгая Л. А.

Г80 Справочник слесаря по контрольно-измерительным приборам.— К.: Техника, 1988.— 176 с.
ISBN 5—335—00036—8.

Содержатся технические данные первичных преобразователей, вторичных приборов для измерения температуры, давления, разрежения, уровня, автоматических регуляторов, рекомендации по их проверке, наладке, ремонту и техническому обслуживанию. Освещены вопросы организации и выполнения работ службой метрологии и автоматизации (СМиА) предприятия, даны рекомендации по использованию технической документации.

Рассчитан на слесарей КИПиА и служб метрологии и автоматизации.

Г $\frac{2706000000-129}{M202(04)-88}$ КУ-№3-340-88

ББК34.9я2

ISBN 5—335—00036—8

© Издательство «Техника», 1988

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года большое внимание уделено вопросам автоматизации производственных процессов.

Широкое внедрение автоматизации производственных процессов является не только одним из важных факторов повышения производительности труда, но и важнейшим средством повышения качества продукции, уменьшения отходов при производственных процессах во всех отраслях народного хозяйства.

В настоящее время на предприятиях химической, нефтегазовой и других отраслей промышленности проводятся работы по частичной, комплексной и полной автоматизации технологических процессов. Внедряются прогрессивные схемы переработки продукции, которые не могут быть осуществлены без современных средств автоматизации.

Обеспечение работоспособности и правильной эксплуатации систем и средств автоматизации в этих условиях имеет первостепенное значение и потребует от специалистов служб метрологии и автоматизации знания и умения не только правильно эксплуатировать системы и средства автоматизации, но и проводить их своевременную проверку, ремонт и наладку непосредственно на предприятии.

Цель настоящей книги — облегчить в некоторой степени поставленную задачу. Для этого в справочнике приведены конкретные рекомендации и дано описание проведения проверки, ремонта и наладки элементов и узлов контрольно-измерительных приборов, первичных устройств и преобразователей, вторичных приборов, автоматических регуляторов и исполнительных механизмов.

Настоящая книга может быть пособием в практической деятельности персонала служб метрологии и автоматизации и в то же время может быть использована при организации СМ и А, при подготовке и повышении квалификации специалистов СМ и А предприятий непосредственно на производстве, в системе профтехобразования и учебно-курсовых комбинатах.

Отзывы о книге, замечания и пожелания просим направлять по адресу: Издательство «Тэхника», 252601, Киев, 1, ул. Крепцатик, 5.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ (ГСП)

СТРУКТУРА ГСП И КЛАССИФИКАЦИЯ ВХОДЯЩИХ В НЕЕ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Государственная система приборов (ГСП) представляет собой комплекс унифицированных взаимозаменяемых приборов и устройств, предназначенных для получения, обработки и использования информации. Внедрение ГСП обеспечивает создание приборов и устройств систем автоматизации на принципах унификации, агрегатирования, совместимости. Унификация позволяет сократить номенклатуру выпускаемых промышленностью приборов и устройств при полном удовлетворении потребностей народного хозяйства, удешевить их стоимость, уменьшить эксплуатационные затраты. Агрегатирование позволяет компоновать различные приборы, регуляторы, преобразователи из типовых унифицированных деталей, узлов, модулей и агрегатов, обладающих функциональной и геометрической взаимозаменяемостью, т. е. улучшает качество изделий, сокращает затраты на изготовление и повышает надежность их работы.

Совместимость на основе унификации сигналов связи, конструктивных присоединительных размеров, параметров питания, метрологических характеристик, эксплуатационных требований позволяет скомпоновать приборы и устройства различного назначения в автоматические системы контроля, регулирования и управления технологическими процессами, а также осуществить их взаимную заменяемость.

Основные требования к изделиям ГСП, обеспечивающие их совместимость в системах и взаимозаменяемость, приведены в ряде государственных и отраслевых стандартов (ГОСТ 12997—76, ГОСТ 13033—84Е, ГОСТ 26.001—83 и др.).

По функциональному признаку приборы и устройства ГСП подразделяются на следующие группы: получения информации о состоянии процесса; ввода и вывода информации; преобразования и хранения информации; использования информации; вспомогательные. Отдельные изделия ГСП могут сочетать в себе несколько вышеперечисленных функций.

К устройствам для получения информации относят первичные измерительные преобразователи, нормирующие преобразователи и контрольно-измерительные приборы, вторичные измерительные преобразователи.

Первичный измерительный преобразователь преобразует контролируемый параметр в выходную физическую величину (электрический сигнал, пневматический сигнал, перемещение, усилие и т. д.). Нормирующий преобразователь преобразует сигнал, снимаемый с выхода первичного измерительного преобразователя, в унифицированный. Обычно измерительный и нормирующий преобразователи объединяют конструктивно в один прибор.

Контрольно-измерительные приборы используются для измерения и записи различных технологических параметров (давления, температуры, уровня, расхода, состава и др.), в них могут быть встроены дополнительные устройства для осуществления сигнализации предельно допустимых значений параметра, преобразования и передачи сигнала к другим измерительным системам и регуляторам суммирования и др.

Информационный сигнал об измеряемом параметре передается от первичного ко вторичному преобразователю по линиям связи (электрические провода, пневмотрубки и т. д.).

В зависимости от вида энергии носителя сигналов в канале связи, применяемого для приема, выдачи и обмена информацией, изделия ГСП подразделяются: на электрические; пневматические; гидравлические; использующие другие виды энергии носителя сигналов; комбинированные; работающие без использования вспомогательной энергии.

Устройства, использующие для своей работы энергию одного рода, условно образуют ветви ГСП — электрическую, пневматическую, гидравлическую. Ветвь приборов, работающих без вспомогательной энергии, состоит из совокупности различного рода регуляторов прямого действия. Связь между приборами различных ветвей осуществляется с помощью преобразователей (пневмоэлектрических, электропневматических и др.). Наиболее распространенными при автоматизации технологических процессов являются приборы электрической и пневматической ветвей.

Используемые в промышленности устройства преобразования, хранения и обработки информации пневматической ветви ГСП объединены в комплекс технических средств «СТАРТ», включающих в себя функциональные блоки для выполнения математических операций, автоматические регуляторы, устройства запоминания, задатчики, вторичные приборы для контроля и регистрации измеряемых величин со встроенными задающими и сигнализирующими устройствами.

В устройствах электрической ветви ГСП значение измеряемой величины преобразуется в пропорциональный электрический унифицированный сигнал. Электрическая ветвь подразделяется на две подветви: дискретную и аналоговую.

В электрической дискретной ветви информация о дискретных (прерывных) значениях контролируемого параметра передается в форме релейных или кодированных (частотных или импульсных) сигналов. В электрической аналоговой ветви приборы непрерывно передают информацию, и значение контролируемого параметра определяется по амплитудным значениям информационного сигнала, его фазе или частоте.

Для работы с приборами ГСП могут быть использованы и неунифицированные измерительные преобразователи с естественными выходными сигналами (термопреобразователи сопротивления, термоэлектрические преобразователи), для этого они снабжаются дополнительным устройством, преобразующим естественный выходной сигнал в унифицированный сигнал ГСП.

В зависимости от воздействия окружающей среды приборы и устройства ГСП подразделяются на следующие виды исполнения: обыкновенные, защищенные от воздействия пыли (пылезащищенные), защищенные от воздействия воды (водозащищенные), защищенные от агрессивной среды, взрывобезопасные (в том числе искробезопасные), защищенные от других внешних воздействий.

Исполнения, категории размещения, условий эксплуатации, хранения и транспортирования приборов и устройств ГСП в зависимости от воздействия климатических факторов внешней среды (температуры, влажности воздуха, давления и т. д.) устанавливаются согласно ГОСТ 15150—69 и ГОСТ 12997—76. Маркировка климатического исполнения приводится в паспорте или техническом описании, в отдельных случаях в условном обозначении типа (марки) изделия.

По устойчивости к механическим воздействиям изделия ГСП подразделяются на исполнения: обыкновенное, виброустойчивое.

По степени защищенности от воздействия воды изделия выпускаются четырех исполнений: В1, В2, В3, В4 (ГОСТ 17786—72). Обозначение исполнения входит в условное обозначение и указывается на табличке и паспорте. По степени защищенности от проникновения пыли приборы и устройства выпускаются двух исполнений: П1 и П2 (ГОСТ 17785—72). Обозначение исполнения входит в условное обозначение изделия. В зависимости от частоты, вибрационных воздействий приборы и устройства изготавливаются трех исполнений: 1, 2, 3 (ГОСТ 17167—71). Исполнение указывается в паспорте или техническом описании прибора.

УНИФИЦИРОВАННЫЕ СИГНАЛЫ ГСП

Унифицированный сигнал ГСП — сигнал дистанционной передачи информации с унифицированными параметрами, обеспечивающий информационную связь и совместимость приборов и средств ГСП.

Пределы изменения аналоговых пневматических унифицированных

входных и выходных сигналов ГСП в рабочем диапазоне (ГОСТ 26015—83) составляют 20—100 кПа (0,2—1,0 кгс/см²).

Уровни дискретных пневматических унифицированных входных и выходных сигналов ГСП (ГОСТ 26015—83) зависят от значений условных сигналов и составляют: для «0» не менее 0 и не более 10 кПа (0 и 0,1 кгс/см²); для «1» не менее 110 и не более 154 кПа (1,1 и 1,54 кгс/см²).

Номинальные значения давления воздуха питания приборов и устройств согласно ГОСТ 13053—76 составляют: для приборов и устройств получения информации о состоянии процесса, преобразования и хранения информации (измерительные преобразователи, регуляторы, контрольно-измерительные приборы, вычислительные и функциональные устройства) — 0,14 МПа (1,4 кгс/см²);

для приборов и устройств ввода, вывода и использования информации и вспомогательных (исполнительные механизмы, сигнализаторы, панели управления и контроля и др.) — 0,14; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0 МПа (1,4; 2,5; 4,0; 6,0 или 10,0 кгс/см²).

Параметры электрических унифицированных входных и выходных сигналов тока и напряжения в рабочем диапазоне установлены ГОСТ 9895—78, ГОСТ 26010—83, ГОСТ 26011—83, ГОСТ 26013—83, ГОСТ 26014—83.

Для аналоговых токовых входных и выходных сигналов постоянного тока, мА, пределы их изменения составляют: 0—5; (—5) — 0—5; 0—20; (—20) — 0—20; (+4) — 20.

Для аналоговых входных и выходных сигналов напряжения постоянного тока, В, пределы их изменения составляют: 0—1; (—1) — 0—1; 0—5; (—5) — 0—5; +1 — 5; 0—10; (—10) — 0—10.

Входные сопротивления прибора или устройства с входными сигналами постоянного тока, Ом, должны быть: для сигналов 0—5; (—5) — 0—5 мА; для сигналов 0—20; (—20) — 0—20; +4—20 мА — не более 200 Ом; для сигнала (—100) — 0—100 мА — не более 150 Ом.

Нагрузочное сопротивление (сопротивление прибора и линии связи), при котором устанавливаются пределы изменения выходных сигналов постоянного тока, должно быть:

в диапазоне с верхними пределами:

2,5 кОм — для сигналов 0—5; (—5) — 0—5 мА; 1,0 кОм — для сигналов 0—20; (—20) — 0—20; +4—20 мА;

в диапазоне с нижними пределами:

1,0 кОм — для сигналов 0—5; (—5) — 0—5; (+1) — 5 В; 2,0 кОм — для сигналов 0—10; (—10) — 0—10 В.

Номинальные пределы изменения сигналов напряжения переменного тока частотой 50 и 400 Гц составляют: 0—5; (—1) — 0—1; 0—2 В.

Для приборов и устройств с сигналами напряжения переменного тока частотой 50 Гц, основанных на изменении взаимной индуктивности, пределы изменения взаимной индуктивности составляют: 0—10; (—10) — 0 — (+10); 0—20 мГн.

Параметры электрические частотные непрерывные входные и выходные, используемые для информационной связи между приборами и устройствами ГСП, устанавливаются ГОСТ 26.010—80. В общепромышленных системах наиболее широко применяются частотные сигналы с диапазоном 2—4 или 4—8 кГц.

Параметры электрических входных и выходных сигналов тока и напряжения с дискретно изменяющимися амплитудой, длительностью, фазой и частотой, предназначенных для информационной связи между приборами и средствами ГСП, устанавливаются ГОСТ 26013—83. Номинальные значения амплитуд (верхнего уровня) частотных сигналов могут иметь следующие значения: 0,6; 1,2; 2,4; 6; 12; 24; 27; 48; 60; 110; 220 В — для напряжения; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000 мА — для токов.

Номинальные значения напряжения питания постоянного и переменного тока приборов и устройств устанавливаются ГОСТ 21128—83; для переменного однофазного частотой 50 Гц — 12; 24; 36; 40; 220; 380; 660 В; для переменного трехфазного частотой 50 Гц — 40; 220; 380; 660 В; для постоянного — 12; 24; 27; 36; 48; 60; 110; 220; 440 В.

ПРИКЛАДНЫЕ ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Под измерением понимают определение численного значения физической величины в принятых единицах опытным путем с помощью средств измерений.

Средство измерения — техническое средство (мера, контрольно-измерительный прибор или измерительный преобразователь), используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства.

Контрольно-измерительный прибор — средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Измерительный преобразователь — средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

Единица измерения — значение физической величины, принятой за основание для сравнения при количественной оценке величин такого же рода.

В данном справочнике все единицы измерения приведены в международной системе единиц (СИ). СИ включает основные и дополнительные единицы (табл. 1).

Из-за несовершенства контрольно-измерительных приборов и методов измерения возникают погрешности (ошибки), т. е. параметр не может быть измерен абсолютно точно.

Абсолютная погрешность контрольно-измерительного прибора — разность между измеренным прибором (A_n) и действительным значением контролируемого параметра (A_d), выраженная в единицах измеряемого параметра

$$\pm \Delta A = A_n - A_d.$$

В качестве действительного значения A_d принимается значение, отсчитанное по образцовому прибору при проведении поверки.

Иногда для повышения точности измерений к показаниям контрольно-измерительного прибора прибавляют поправку, равную абсолютной погрешности, взятой с обратным знаком.

Абсолютная погрешность измерительного преобразователя по входу — это разность между расчетным (A_p) (определяется с помощью градуировочной характеристики преобразователя для каждого действительного значения параметра на выходе) и действительным (A_d) значением параметра на входе преобразователя

$$\pm \Delta A = A_p - A_d.$$

1. Основные и дополнительные единицы СИ

Наименование	Обозначение	Физическая величина
--------------	-------------	---------------------

Основные единицы

метр	м	длина
килограмм	кг	масса
секунда	с	время
ампер	А	сила тока
градус Кельвина	К	температура
Кандела	кд	сила света
моль	моль	количество вещества

Дополнительные единицы

радиан	рад	плоский угол
стерадиан	ср	телесный угол

Абсолютная погрешность измерительного преобразователя по выходу — это разность между действительным (A_d) и расчетным (A_p) значением параметра на выходе (определяется с помощью градуировочной характеристики преобразователя для каждого действительного значения параметра на входе)

$$\pm \Delta A = A_d - A_p.$$

Относительная погрешность контрольно-измерительного прибора — это отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины, обычно выражается в процентах:

$$\delta = \pm (\Delta A / A_d) 100.$$

Относительная погрешность измерительного преобразователя по входу (выходу) — это отношение абсолютной погрешности по входу (выходу) к действительному значению параметра на входе (расчетному значению параметра на выходе), обычно выражается в процентах.

Приведенная погрешность контрольно-измерительного прибора — это отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению A_N , обычно выражается в процентах:

$$\gamma = \pm (\Delta A / A_N) 100.$$

Нормирующее значение A_N — условно принятое значение, которое может быть равным верхнему пределу измерений, диапазону измерений, длине шкалы, диапазону изменения выходного сигнала и др.

Основная погрешность — погрешность средств измерений, используемых в нормальных условиях эксплуатации (температура 20 °С, давление 101327 Па (760 мм. рт. ст.), влажность 60 %, отсутствие внешних электрических и магнитных полей, правильная установка прибора и т. д.).

Дополнительная погрешность — погрешность, появляющаяся из-за отличия условий эксплуатации средств измерений от нормальных (в пределах требований к рабочим условиям эксплуатации, оговоренных инструкцией завода-изготовителя).

Предел допускаемой погрешности средства измерения — наибольшая (без учета знака) погрешность, при которой оно может быть признано годным и допущенным к эксплуатации. Предел допускаемой погрешности задается в виде абсолютной или приведенной погрешности.

Классом точности средств измерений (ГОСТ 16263—70) называют их обобщенную характеристику, определяемую пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами средства измерения, влияющими на точность.

Класс точности контрольно-измерительного прибора — это приведенная к диапазону измерения допускаемая в рабочих условиях эксплуатации погрешность измерения, т. е.

$$\gamma_{\text{доп}} = \Delta A_{\text{доп}} 100 / (A_k - A_n),$$

где $\Delta A_{\text{доп}}$ — допустимая основная абсолютная погрешность; A_k , A_n — соответственно конечное и начальное значения диапазона измерения. Согласно ГОСТ 12997—76 средства измерений ГСП выпускаются следующих классов точности: 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,04; 0,05; 0,06; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,4; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 и 4. Класс точности контрольно-измерительного прибора обычно указывается на шкале прибора. Чем меньше цифра класса точности, тем точнее прибор (при одном и том же диапазоне измерений).

Вариация — максимальная разность показаний контрольно-измерительного прибора, определенная при прямом (A'_n) и обратном (A''_n) ходе изменения параметра для одного и того же его действительного значения:

$$B = A'_n - A''_n.$$

Вариация может быть выражена в процентах:

$$B = (A'_n - A''_n) 100 / (A_k - A_n).$$

Причиной вариации является трение в опорах, износ кернов и подпятников, люфт в зубчатых передачах и др.

Цена деления — это разность значений между двумя соседними отметками шкалы, выраженная в единицах измерения.

Для равномерной шкалы: $C = \frac{A_k - A_n}{n}$ ед/1 дел, где n — количество делений.

Инерционность — это время, за которое показание прибора приходит в соответствие со значением измеряемой величины.

Надежность — это способность прибора сохранять свои характеристики в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени. Не разрывно связана с надежностью работоспособность — состояние прибора, при котором он способен выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации. Событие, заключающееся в нарушении работоспособности прибора, называется отказом.

Безотказность — это свойство прибора сохранять работоспособность в течение некоторого времени (наработки) без вынужденных перерывов.

Глава 3

СЛУЖБА МЕТРОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

В целях выполнения постановления Совета Министров СССР № 273 «Об обеспечении единства измерений в стране» службы КИП и А предприятий преобразованы в службы метрологии и автоматизации (СМ и А), на предприятиях некоторых отраслей промышленности — службы автоматизации и метрологии (СА и М).

Эти службы являются основным звеном ведомственной метрологической службы, которое является самостоятельным производственно-техническим подразделением предприятия, обеспечивающим решение всего комплекса задач по метрологическому обеспечению производства, по эксплуатации систем, приборов и средств автоматизации.

Структура СМ и А предприятия, ее состав, численность выбираются в зависимости от категории предприятия, уровня автоматизации, объема работ, выполняемых службой СМ и А, количества и состояния оборудования, квалификации персонала, перспективы развития автоматизации предприятия и т. д.

С учетом этих факторов СМ и А предприятия может быть организована в зависимости от категории предприятия [19].

Для предприятий химической промышленности структура и численность СМ и А в зависимости от видов продукции определяется по методике, приведенной в отраслевом руководящем материале «Нормативы численности метрологических служб предприятий и организаций Минхимпрома».

Структура и численность СМ и А предприятия также может быть определена в зависимости от количества средств измерения и автоматизации (табл. 2), или по методике, приведенной в РДТП 18—4—80 [19], рекомендации которой могут быть применены для предприятий различных отраслей.

Для организации СМ и А предприятия могут быть использованы руководящие материалы Госстандарта СССР: МИ 185—79 «Методические указания по расчету численности подразделений ведомственных метрологических служб» РДТП 54—75, РДТП 57—75 «Типовые положения о ведомственных метрологических службах».

На мелких предприятиях (при наличии на предприятии средств измерения и автоматизации в количестве до 500 ед.) по согласованию с базовой организацией допускается создание группы метрологического обеспечения, технического обслуживания и ремонта в составе службы главного энергетика. В этом случае обязанности метролога могут возлагаться на главного энергетика [5].

2. Структура службы метрологии и автоматизации в зависимости от количества приборов и средств автоматизации

Должность	Категория	численность (минималь- ная — макси- мальная), чел.
1. СМ и А предприятия (количество средств измерения и автоматизации от 500 до 2000 ед.)		
Ответственный за метрологию (инженер-метролог)	ИТР	0—1
Ремонтно-поверочное подразделение (группа):		2—5
мастер	Рабочий	0—1
слесарь (ремонтник)	»	2—3
слесарь (поверитель)	»	0—1
Подразделение (группа) техобслуживания		
мастер	Рабочий	0—1
слесарь дежурный	»	2—8
Итого ...		4—15

2. СМ и А объединения (предприятия) (количество средств измерения и автоматизации от 2000 до 4000 ед.)

Начальник лаборатории МО, главный метролог	ИТР	1—1
Подразделение (группа) ремонта и поверки электрических и электронных средств измерений:		
ст. инженер (руководитель группы)	ИТР	0—1
мастер	Рабочий	1—1
слесарь (ремонтник)	»	3—5
слесарь (поверитель)	»	0—1
Подразделение (группа) ремонта и поверки средств измерения точной механики и пневматики, теплотехнических:		
мастер (руководитель группы)	Рабочий	1—1
слесарь (ремонтник)	»	3—6
слесарь (поверитель)	»	0—1
Подразделение (группа) техобслуживания:		
мастер (руководитель группы)	Рабочий	1—2
слесарь (дежурный)	»	5—7
Итого ...		16—26

3. Базовое предприятие СМ и А (количество — от 4000 до 8000 ед.)

Начальник центральной лаборатории, главный метролог	ИТР	1—1
Подразделение (группа) ремонта и поверки электрических и электронных средств измерения:		9—12
начальник подразделения (группы), зам. начальника лаборатории	ИТР	1—1
мастер	Рабочий	1—1
слесарь (ремонтник)	»	6—8
слесарь (поверитель)	»	1—2

Должность	Категория	Численность (минимальная — максимальная), чел.
Подразделение (группа) ремонта и поверки средств измерения точной механики и пневматики, теплотехнических:		8—12
мастер	Рабочий	1—1
слесарь (ремонтник)	»	6—9
слесарь (поверитель)	»	1—2
Подразделение (группа) техобслуживания:		8—14
мастер (руководитель группы)	Рабочий	2—3
слесарь (дежурный)	»	6—11
Итого...		26—39

Примечание. При выполнении отдельных функций СМ и А сторонними организациями персонал службы соответственно сокращается.

ЗАДАЧИ СЛУЖБЫ МЕТРОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

Основные задачи, решаемые СМ и А предприятия, могут быть сведены в три основные группы: обслуживание систем, приборов и средств автоматизации; метрологическое обеспечение производства; развитие автоматизации совершенствование метрологического обеспечения.

Обслуживание систем, приборов и средств автоматизации

Обеспечение технического обслуживания, снятия, установки, текущего и капитального ремонта, поверки, монтажа и наладки (в дальнейшем — технических работ) включает следующие виды работ:

1. Составление графиков технических работ и обеспечение выполнения этих графиков.

2. Составление заявок на приборы, оборудование, запасные части, материалы, документацию.

3. Контроль за поступлением приборов и средств автоматизации и измерения, обеспечение условий правильного их хранения, выдачи, составление соответствующих актов и рекламаций.

4. Контроль за эксплуатацией и использованием средств измерения и автоматизации на предприятии, за их состоянием.

5. Проведение технических работ* силами СМ и А предприятия в пределах, разрешенных органами Госстандарта.

6. Обеспечение в других организациях ремонта средств измерений, на которые не получено право ремонта от органов Госстандарта.

7. Контроль за качеством монтажных и наладочных работ и их соответствие технической документации при выполнении этих работ специализированными организациями, участие в испытаниях и приемка в эксплуатацию.

8. Проведение монтажных и наладочных работ при внедрении новых систем и средств автоматизации персоналом СМ и А предприятия, наладочных работ перед пуском сезонных производств.

9. Участие в рассмотрении причин аварий из-за отказов средств измерения и автоматизации и в разработке мероприятий по их устранению.

* Виды работ и условия их проведения описаны в настоящей главе в параграфах «Ремонт» и «Поверка».

10. Организация обучения производственного персонала предприятия правилами технической эксплуатации систем и средств измерения и автоматизации.

Метрологическое обеспечение производства

Метрологический контроль и метрологическое обеспечение производства включает следующие виды работ:

1. Составление графиков государственной и ведомственной поверок, согласование, утверждение и обеспечение их выполнения.

2. Организация и проведение поверки в пределах прав, предоставленных предприятию органами Госстандарта.

3. Техническое обеспечение и участие в государственных испытаниях, проводимых на базе предприятия.

4. Организация и проведение поверки в органах Госстандарта и других организациях.

5. Выполнение необходимых измерений при контроле за ходом технологических процессов, руководство работами, направленными на обеспечение единства и требуемой точности измерений, выполняемых подразделениями предприятия.

6. Контроль за метрологическим обеспечением всей производственной деятельности предприятия (состояние и применение средств измерения и средств испытания продукции, методик измерений, метрологических правил).

7. Обеспечение хранения и сличения в установленном порядке рабочих эталонов и стандартных образцов состава и свойств вещества и материалов (при наличии разрешения органов Госстандарта), поддержание в надлежащем состоянии образцовых средств измерения и их эксплуатация [19].

Развитие автоматизации, совершенствование метрологического обеспечения

Совершенствование метрологического обеспечения включает следующие виды работ:

1. Участие в разработке перспективных планов автоматизации производства, метрологического обеспечения предприятия.

2. Наблюдение за средствами измерения и автоматизации, анализ качественных показателей их работы.

3. Участие в выявлении и обосновании наиболее актуальных и экономически целесообразных объектов автоматизации.

4. Осуществление мероприятий по реконструкции средств измерения и автоматизации, их усовершенствованию (применение приборов с лучшими показателями, упрощения схем, более рациональное размещение, улучшение защиты и т. д.) собственными силами и с привлечением сторонних организаций.

5. Участие в работах по подготовке к аттестации и в испытаниях новых видов продукции.

6. Разработка технических заданий на проектирование и изготовление нестандартных средств измерения и автоматизации, стендов, приспособлений для осуществления необходимых испытаний и измерений.

7. Внедрение передового опыта в области автоматизации.

ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ, ПРОВОДИМЫЕ СЛУЖБОЙ МЕТРОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Технические работы, проводимые СМ и А предприятия, кроме работ, связанных с внедрением новых средств измерения и автоматизации, подразделяются на внеплановые и планово-предупредительные.

Внеплановые работы сводятся, в основном, к оперативному ремонту, или замене отказавших средств измерения и автоматизации.

Планово-предупредительные работы включают: техническое обслуживание средств измерения и автоматизации, находящихся в эксплуатации; текущий и капитальный ремонт средств измерения и автоматизации; поверку средств измерения [19].

Техническое обслуживание

Техническое обслуживание (ТО) включает следующие виды работ:

технический осмотр (внешний осмотр, очистка от пыли и остатков технологических продуктов, осмотр, очистка и поджатие клемм, ревизия кинематики и ее смазка, проверка плотности подсоединения трубных линий и исправности устройств дистанционной передачи данных, сохранности труб);

проверку работоспособности, проверку по контрольным точкам (установки на «нуль»), выявление и устранение мелких дефектов, возникших в процессе эксплуатации;

замену диаграмм, очистку самопишущих устройств и заправку их чернилами, смазку механизмов движения, заливку или замену специальных жидкостей, устранение их течи;

проверку работы средств автоматизации в том случае, если обнаружено несоответствие в ходе технологического режима и показаниях средств измерения;

промывку измерительных камер, заправку ртутью дифманометров, исправление уплотнений и крепежа, проверку отборных устройств давления, расхода, сушку элементов средств измерения и автоматизации и зачистку контактов;

снятие средств измерения и автоматизации для ремонта и своевременное представление их на проверку;

проверку источников питания, показывающих и регистрирующих узлов средств измерения для анализа состава и свойств веществ и материалов;

чистку, смазку и проверку реле, датчиков, исполнительных механизмов, регуляторов всех систем и назначений, проверку на плотность и герметичность импульсных и соединительных линий, замену неисправных отдельных элементов и узлов, опробование их в работе;

3. Периодичность проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту КИП и А, мес

КИП и А	Техническое обслуживание	Текущий ремонт	Проверка	КИП и А	Техническое обслуживание	Текущий ремонт	Проверка
Уровнемеры	3	6	12	Реле и сигнализаторы давления	2	6	12
Дифманометры:				Термометры:			
поплавокные	2	6	6	манометрические	2	4	12
сифонные	5	6	6	сопротивления	3	4	12
мембранные	2	6	6	Регуляторы температуры:			
Напоромеры, тягомеры	2	6	12	манометрические	2	4	12
Манометры:				полупроводниковые	2	4	12
общего назначения	2	6	6	Термопары	3	4	12
сифонные	2	6	12	Газоанализаторы	1	4	6
грузопоршневые	1	6	12	Плотномеры	3	5	6
Регуляторы давления непрямого действия	1	6	12	Влагомеры	3	5	6

Примечания: 1. Капитальный ремонт приведенных приборов проводится с периодичностью 12 мес.

2. Периодичность работ по техническому обслуживанию мостов, потенциометров и других приборов зависит от условий эксплуатации и в таблице не приводится.

проверку наличия питания (электрического, пневматического и др.), его качественных параметров в схемах управления, сигнализации, блокировки и защиты, опробование звуковой и световой сигнализации;

проверку срабатывания схем и правильность заданий установок на их срабатывание и другие проверки, связанные с особенностями конкретных схем;

осмотр щитов автоматизации, блокировочных устройств, средств сигнализации и защиты.

Работы по ТО проводятся персоналом СМ и А предприятия. Выполнение отдельных операций (смена диаграммной бумаги, заливки чернил и т.д.) может проводиться эксплуатационным (техническим) персоналом. Работы по ТО средств автоматизации проводятся персоналом СМ и А совместно со службами механика и энергетика. Разграничение работ по виду, периодичность их выполнения приведены в табл. 3.

Текущий ремонт

Текущий ремонт может включать часть работ по ТО и дополнительные работы, а именно:

замену элементов средств измерения и автоматизации, отработавших ресурс, устранение мелких поломок;

частичную разборку и регулировку подвижных систем, исправление или замену поврежденных деталей (пружин, трубок, винтов, крепежных деталей), чистку и смазку узлов;

проверку качества изоляции и состояния цепей измерения и питания средств измерения и автоматизации;

частичную разборку и сборку измерительных систем с заменой отдельных непригодных деталей (колец, винтов, стрелок);

исправление уплотнений, устранение люфтов в отдельных механизмах, набивку сальников, замену стекол, шкал;

устранение неисправностей в сочленении подвижных деталей, проверку действия вибропреобразователей, усилителей, электродвигателей, подвижных контактов и ртутных переключателей, настройку регулирующей части средств измерения и автоматизации.

При текущем ремонте измерительной части средств измерений они обязательно подвергаются поверке.

Капитальный ремонт

Капитальный ремонт средств измерения и автоматизации может включать часть работ, предусмотренных при текущем ремонте, и дополнительные работы:

установку и регулировку шкал или циферблатов;

ремонт корпусов с рихтовкой установочных поверхностей;

полную разборку и сборку измерительной части и отдельных узлов и средств измерения, промывку, ремонт и замену деталей (подпятников, пружин, подвесок, грузов, корректора и др.), значительный ремонт узлов средств измерения и автоматизации или полную их замену;

проверку измерительной схемы средств измерения, регулировку и подгонку показаний прибора по контрольным точкам, подготовку средств измерения для сдачи повертелю;

разборку и сборку механизмов записи средств измерения, их ревизию, чистку и замену;

ремонт реле, датчиков, исполнительных механизмов, регуляторов электрической и электронной аппаратуры или замену их более совершенными; перемонтаж схем, замену вышедших из строя импульсных линий и электропроводки в схемах управления, сигнализации, блокировок и защиты.

Ремонт средств измерения и автоматизации проводится, как правило, при остановке и ремонте технологического оборудования.

Остановка технологического оборудования бывает аварийная и плановая.

При аварийной остановке выполняют работы, которые нельзя выполнить при эксплуатации оборудования. Техническому обслуживанию и ремонту при этом подлежат те узлы средств автоматизации, исправность которых вызывала сомнение при работе технологического оборудования.

При плановой остановке после отключения демонтируют те средства измерения и автоматизации, кабельные и трубные проводки, которые расположены вблизи технологического оборудования и могут быть повреждены при его ремонте.

Ремонт выполняется специализированными звеньями предприятия или организациями, имеющими: регистрационное удостоверение на право ремонта средств измерения, выданное органами Госстандарта; средства поверки (образцовые и вспомогательные средства измерения, приспособления, устройства и т. д.); персонал, подготовленный и допущенный к проведению ремонта и поверки; необходимую нормативную и техническую документацию, поверочные схемы; помещения, обеспечивающие согласно нормативным требованиям правильное проведение ремонта и поверки.

При ремонте в первую очередь проводят работы, которые не могут быть выполнены на работающем оборудовании. Например, ремонт отборных устройств, регулирующих органов, сужающих устройств и т. д. Во вторую очередь выполняют работы, выполнение которых на действующем оборудовании связано со значительными трудностями или опасностью. В третью очередь осуществляют ремонт систем и средств измерения и автоматизации, на которых отсутствует эксплуатационный резерв и остальные.

Поверка

Под поверкой понимают совокупность операций, проводимых с целью установления соответствия метрологических характеристик средств измерения ГОСТам или техническим условиям завода-изготовителя.

Поверка средств измерений, как и другие формы метрологического надзора, регламентирована государственным стандартом [15].

Метрологический надзор в нашей стране осуществляется государственной метрологической службой Госстандарта СССР и ведомственными метрологическими службами путем проведения поверки средств измерения, метрологической ревизии и метрологической экспертизы.

Поверка, в зависимости от назначения поверяемых средств измерения, может быть государственной и ведомственной.

Государственной поверке на предприятиях подлежат средства измерения, применяемые в органах ведомственной метрологической службы в качестве образцовых; принадлежащие предприятию и используемые в качестве образцовых органами государственной метрологической службы; средства измерения, используемые после ремонта, выполненного для сторонних организаций; применяемые для измерений, связанных с учетом материальных ценностей, взаимными расчетами, охраной здоровья трудящихся и обеспечением безопасности и безвредности труда.

Ведомственной поверке подлежат средства измерения, которые не подвергаются государственной поверке.

Поверку проводят только органы метрологической службы или СМ и А предприятий, имеющих регистрационное удостоверение на право поверки конкретных средств измерений.

Регистрационное удостоверение на право поверки и на право ремонта выдается территориальным органам Госстандарта СССР на основании заявления предприятия [15]. К заявлению прилагаются: копия положения о метрологической службе предприятия, утвержденного и согласованного в установленном порядке; копия приказа о назначении главного метролога предприятия; справка предприятия о наличии квалифицированного персонала, имеющего право проводить ремонт и поверку, о наличии помещений, образцовых средств измерения, документации, схем.

После проверки справки территориальным органом составляется акт и выдается удостоверение на право ремонта и поверки указанных в удостоверении средств измерения сроком на 5 лет. В удостоверении указывается

право проведения ремонта и поверки только для себя или для себя и сторонних организаций.

Изменение в удостоверении номенклатуры средств измерения на право ремонта и поверки оформляется на основании вновь поданного заявления в том же порядке.

К проведению поверки средств измерения допускаются лица, прошедшие специальное обучение и сдавшие экзамены в учебных заведениях Госстандарта СССР, сдавшие экстерном экзамены в органах государственной метрологической службы, которым Госстандартом СССР поручено проведение аттестации поверителей; сдавшие экзамены комиссии, образуемой руководителем предприятия с участием представителя органа государственной метрологической службы, по программам, согласованным с этим органом.

Предприятие, не имеющее регистрационного удостоверения, обслуживается базовым метрологическим органом своей отрасли, или представляет средства измерения на поверку в органы государственной метрологической службы. При направлении средств измерений в эти органы представляется паспорт на них, описание, последнее свидетельство о поверке.

При проведении органами метрологической службы поверки на предприятии последнее предоставляет помещение, оборудование и вспомогательный персонал, необходимые для поверки. Представляемое оборудование (поверочные установки, образцовые средства измерения и т.д.) предприятие должно хранить под пломбой органов метрологической службы и использовать только с их разрешения.

Средства измерения должны подвергаться первичной периодической, внеочередной и инспекционной поверкам.

Первичная поверка проводится при выпуске средств измерений в обращение из производства и ремонта.

Периодическая поверка проводится при эксплуатации средств измерений и хранении через определенные межповерочные интервалы.

Периодичность поверки устанавливается: для средств измерений, подлежащих государственной поверке, — Госстандартом СССР или органом государственной метрологической службы; для средств измерений, подлежащих ведомственной поверке, — главным метрологом или руководителем ведомственной метрологической службы.

При установлении периодичности учитывают стабильность показаний, условия эксплуатации, степень загруженности средств измерений. Например, на предприятиях пищевой промышленности средства измерения, находящиеся в эксплуатации, проходят поверку, как правило, 1 раз в год (см. табл. 3). Потенциометры, мосты, электронизмерительные приборы поверяются через каждые 6 мес.

Сроки проведения поверок отображаются в годовых календарных графиках — отдельно на средства измерений, представляемые в ведомственные органы метрологической службы, отдельно — в государственные. Графики согласовываются с руководителями этих органов.

Межповерочные интервалы для средств измерения, находящихся на хранении, составляют:

а) для средств измерения, поступивших на хранение после выпуска из производства, — не более гарантийного срока;

б) для средств измерения, бывших в эксплуатации, — не более удвоенных межповерочных интервалов, установленных для аналогичных средств измерения в эксплуатации.

Средства измерения, находящиеся на длительном хранении, периодической поверке могут не подвергаться. Поверка в этом случае проводится перед их установкой.

Внеочередная поверка проводится:

при эксплуатации или хранении вне зависимости от сроков периодической поверки в случае необходимости удостовериться в исправности средств измерения;

при вводе в эксплуатацию импортных средств измерения;

при корректировке межповерочных интервалов;

при установке средств измерения в качестве комплектующих после половины гарантийного срока;

при повреждении поверительного клейма, пломбы, утере документа с регистрацией последней поверки;
при вводе в эксплуатацию прямо со склада после хранения или после транспортировки.

Инспекционная поверка проводится для установки исправности средств измерения при проведении метрологической ревизии на предприятиях, складах, базах.

Метрологическая ревизия проводится органами государственной метрологической службы для определения соответствия средств измерения и методик измерения, применяемых на предприятии, современным требованиям.

Ревизии подвергаются предприятия, осуществляющие ремонт, хранение, эксплуатацию средств измерения. При этом на предприятиях, осуществляющих эксплуатацию, должны быть проверены: наличие технической документации, где оговорены требования к средствам измерения; обеспеченность средствами и методами измерения технологических процессов, контроля качества выпускаемой продукции, учета материальных ценностей и т. д.; правильность монтажа средств измерения, их установки, применения; соблюдение условий эксплуатации; исправность; организация метрологической службы (структура, наличие кадров, их подготовка, наличие оборудования, помещений, соответствие выполняемых работ регистрационному удостоверению); наличие и правильность ведения документации, охват ею всех средств измерения, находящихся в эксплуатации; наличие образцовых средств измерения, их состояние и применение согласно требованиям нормативных документов; выполнение предложений, данных при ранее проведенной ревизии.

При проведенной метрологической ревизии в местах хранения средств измерения должны быть проверены: соблюдение условий хранения средств измерения в соответствии с требованиями стандартов, технических условий; комплектность средств измерения; соблюдение положенных межповерочных интервалов; исправность средств измерения.

При проведении метрологической ревизии на предприятиях, проводящих ремонт средств измерения, должны быть проверены: соответствие номенклатуры ремонтируемых средств измерения регистрационному удостоверению; качество ремонта средств измерения; качество первичной поверки после выхода из ремонта. При выявлении недостатков по проверке перечисленных условий органы государственной метрологической службы имеют право применять различные меры воздействия — от обязательных для предприятия указаний об устранении обнаруженных нарушений в определенный срок до аннулирования регистрационного удостоверения на право ремонта и поверки.

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ СЛУЖБЫ МЕТРОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ С ДРУГИМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ И ОРГАНИЗАЦИЯМИ

Взаимоотношения СМ и А предприятия выражаются в ее административных и материально-технических связях со службами и подразделениями предприятия и организациями.

Для упорядочения этих взаимоотношений, улучшения организационной деятельности подразделений и служб предприятия в метрологическом обеспечении производства функции их разграничиваются, что способствует своевременному и качественному проведению всех технических работ, создает надежную работу систем и средств измерения и автоматизации, предотвращает нарушения технологических режимов и техники безопасности. Полностью эти функции оговорены в Методических указаниях [19].

Служба метрологии и автоматизации предприятия, кроме технических работ, оговоренных в § 1 настоящей главы, проводит:

ремонт и ТО соединительных линий после отборных устройств;
снятие и установку средств измерения и автоматизации, для которых не требуется остановка технологического оборудования, при этом подключение оборудования, сварка и другие специальные работы выполняются соответствующими службами;

ремонт и ТО средств и систем автоматизации, систем сигнализации, блокировок и защиты, включая входящие в их состав щиты, пульта и измерительные линии;

ремонт и ТО контрольных и импульсных линий до первичных преобразователей, от первичных преобразователей до обособленных средств измерения и автоматизации, щитов;

ремонт и ТО средств измерения и автоматизации до выходных контактов коммутационных, регулирующих и промежуточных устройств и всех линий после средств измерения и автоматизации, кроме линий, входящих в цепи управления силовыми устройствами и технологическим оборудованием;

установку и снятие поверяемых средств измерения с испытательных стендов при проведении государственной поверки непосредственно на предприятии;

наладку регулирующей и отсечной арматуры с электроприводом — совместно с энергослужбой и ремонтно-механической службой;

доставку из лаборатории приготовленных газовых и жидкостных смесей, буферных растворов и замена их в средствах измерения и автоматизации;

ремонт и ТО средств измерения и автоматизации на различных весах, дозаторах и установках сжатого воздуха;

отpravку и доставку средств измерения и автоматизации с ремонта и поверки.

Энергослужба предприятия проводит:

снятие, установку и ТО находящихся на щитах и обособленных средств измерения электрических, магнитных и других измерений, обеспечивающих эксплуатацию и контролирующих состояние электрооборудования и электросетей;

ремонт и ТО электролиний от щитов и к щитам автоматизации, линий электропитания и освещения помещений МС;

заземление оборудования в помещениях МС, щитов автоматизации и обособленных средств измерения;

ремонт и ТО силовых линий, схем управления, сигнализации, защиты и блокировок электродвигателей, насосов, компрессоров, кранов кондиционеров, а также пусковую и сигнальную аппаратуру, относящуюся к ним;

ремонт и ТО обособленных электропрограммных устройств (реле времени, тока, напряжения);

ремонт и ТО электрооборудования и линий питания установок подготовки сжатого воздуха;

ремонт и ТО, снятие и установку электроприводов регулирующей и отсечной аппаратуры;

ремонт и ТО схем электроавтоматики, телемеханики, обособленных электрических схем управления, сигнализации и защиты технологического оборудования, всех видов слаботочных устройств.

Ремонтно-механическая служба предприятия проводит:

установку на технологическом оборудовании, трубопроводах и ремонт отборных устройств для измерения давления, расхода, уровня, температуры, качества и состава веществ; ремонт и ТО систем обогрева средств измерения и автоматизации;

снятие на ремонт, проверку и установку объемных и других счетчиков, регуляторов уровня, ротаметров, диафрагм и т. д. (под наблюдением персонала СМ и А);

ремонт и ТО гидравлических и пневматических исполнительных устройств, механической части регулирующей и отсечной арматуры (совместно с персоналом СМ и А);

ремонт шкафов, стремянок, площадок и других устройств и приспособлений;

ремонт и ТО механической части весов, дозаторов, установок подготовки воздуха, линий пневмопитания;

ремонт и ТО механических уровнемеров, мерных стекол;

снятие, ТО и установку технических манометров, установленных на аппаратах и трубопроводах;

ремонт и ТО гидравлических и пневматических исполнительных устройств;

ремонт и ТО механической части регулирующей и отсечной арматуры с электро-пневмо-гидроприводом, фильтров воздуха для средств измерения и автоматизации.

Технологическая служба обеспечивает:

проведение текущего обслуживания за средствами измерения и автоматизации (очистку от пыли, грязи, заправку чернил, замену диаграмм) — совместно с СМ и А предприятия;

сохранность и визуальный контроль за состоянием средств измерения на рабочих местах;

проверку средств измерения по контрольным точкам;

визуальный контроль состояния электрических цепей и пневматических линий, шкафов и бudoк средств измерения и автоматизации;

дренаж пыли и влаги из пылевлагоотделителей;

поддержание необходимых параметров (расход, давление, температура) в пробоотборных устройствах и дренажных линиях и других средств измерения и автоматизации в процессе их эксплуатации.

Лаборатория теххимического контроля осуществляет:

изготовление или приобретение по заявкам СМ и А газовых и жидкостных смесей для настройки и проверки средств измерения, других веществ и реактивов;

проведение контрольных анализов для проверки правильности показаний средств измерения состава и качества;

проведение совместно с СМ и А испытаний и внедрение средств измерения качества в цехах.

ДОКУМЕНТАЦИЯ СЛУЖБЫ МЕТРОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

В службе метрологии и автоматизации предприятия находится и ведется: утвержденное Положение о СМ и А предприятий; регистрационное удостоверение на право поверки и ремонта средств измерений (при получении); табель учета рабочего времени персонала СМ и А; планы работы звеньев СМ и А; графики планово-предупредительных работ; календарные графики проведения государственной и ведомственной поверок средств измерения; а также журналы: учета средств измерения и автоматизации на предприятии; прохождения инструктажа по технике безопасности; передачи смен дежурного персонала СМ и А; учета ремонта средств измерения; картотека движения средств измерения и автоматизации на предприятии (паспорта); поверочные схемы и нормативно-техническая документация по поверке средств измерения; основная организационно-методическая документация по метрологическому обеспечению.

Документация двух последних пунктов по каждому виду работ, проводимых СМ и А предприятия, а также по технике безопасности указаны в соответствующих разделах.

От СМ и А предприятия исходят: планы внедрения средств измерения и автоматизации и НТД; заявки на приобретение средств измерения и автоматизации, запчастей и материалов; заявки на изготовление деталей и запчастей и материалов; заявки на изготовление деталей и запчастей к средствам измерения и автоматизации при их ремонте или на определенные виды работ; акты на списание малоценного инвентаря, средств измерения и автоматизации и основных средств; предписания главного метролога об устранении нарушений по вопросам метрологического обеспечения; договоры и документы по проведению и оплате ремонта и поверки средств измерения в других организациях.

ПЕРВИЧНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ**ПЕРВИЧНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ**

Существуют следующие группы средств измерения температуры: термометры расширения, манометрические термометры, термоэлектрические преобразователи, термопреобразователи сопротивления, пирометры излучения.

Термометры расширения

В промышленности применяются термометры: образцовые, служащие для поверки лабораторных и технических термометров и других приборов для измерения температуры; лабораторные, служащие для лабораторных измерений, и технические. Технические термометры подразделяются на общепромышленные и специальные.

При техническом обслуживании технических термометров и предмониторинговой проверке определяют соответствие термометра техническим требованиям, проверяют отсутствие разрывов столбика жидкости в капилляре и отсутствие следов испарившейся жидкости на его стенках, а также показания термометра.

Для устранения испарений и разрывов столбика жидкости термометр подвергают шестикратному нагреванию до максимальной температуры или охлаждают до выхода всей жидкости из капилляра в баллон; или обертывают термобаллон ватой, смоченной эфиром, и быстро вращают за нить, привязанную надежно к верхнему концу термометра.

Если в результате этого разрыв столбика жидкости не устранен, термометр признают негодным.

У термометров с вложенной шкалой проверяют смещение шкалы относительно капилляра.

Показания жидкостных термометров расширения проверяют по реперным точкам, помещая термобаллон в среду, в которой устанавливается точно известная температура (тающий лед и др.), либо путем сравнения их показаний с показаниями жидкостных термометров более высокого класса или образцовых термометров сопротивления.

Манометрические термометры

Манометрические термометры согласно ГОСТ 8624—80 в зависимости от заполнителя изготавливаются четырех видов: газовые, жидкостные, конденсационные (ранее — парожидкостные) и со специальным наполнителем. Наиболее распространены первые три вида. Термометры со специальным наполнителем применяются для измерения температур до 1000 °С. Для возможности выполнения различных функций термометры изготавливаются: показывающие, самопишущие, с сигнальными или регулирующим устройством (табл. 4).

При монтаже манометрических термометров должны быть выполнены следующие требования: приборы и капилляры не должны находиться вблизи нагревательных или охлаждающих устройств во избежание дополнительной погрешности; приборы не должны подвергаться вибрации и тряске; шкала прибора должна быть видна с рабочего места; капилляр термометра должен быть подвешен на крючки или крепиться скобами. Радиус закругления в местах изгиба капилляра должен быть не менее 50 мм; клемма заземления термометра, использующего электрическую энергию, должна быть соединена с контуром заземления перемычкой, сечением не менее 3 мм²; при установке термобаллона на трубопроводах диаметром менее 89 мм необходимо применять расширители.

Для приборов с регулирующим устройством расстояние от прибора до исполнительного механизма должно быть минимальным для уменьшения запаздывания и выбирается в пределах 20—40 м; воздух для питания должен быть не менее первого класса загрязненности (ГОСТ 17433—80). При наличии

4. Технические характеристики манометрических термометров

Тип	Дополнительное устройство	Выходной сигнал	Класс точности	Пределы измерения, °С	Глубина погружения термобаллона, мм	Длина капилляра, мм	Размеры, корпуса, мм
1	2	3	4	5	6	7	8

Показывающие и сигнализирующие

ТГП-100	—	—	1; 1,5	$-200 \div +50$; $-150 \div +50$; $-50 \div +50$; $-50 \div +100$; $-50 \div +150$; $0-150$; $0-200$; $0-300$; $0-400$; $0-600$; $100-300$; $100-500$; $200-500$; $200-600$	160; 200; 250; 315; 400; 500; 630	1,6; 2,5; 4,0; 5,0; 6,0; 10; 16; 25; 40	100 × 48
ТГП-100ЭК	Сигнальное устройство	Разрывная мощность контактов 30 ВА	1; 1,5	$-50 \div +50$; $-50 \div +100$; $-50 \div +150$; $0-200$; $0-300$; $0-400$; $0-600$; $100-300$; $100-600$; $200-600$	160; 200; 250; 315; 400; 500; 630	1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10; 16	100 × 10,5
ТКП-100	—	—	1,5	$-25 \div +35$; $-25 \div +75$; $0-50$; $0-100$; $25-125$; $100-200$; $200-300$	125; 160; 200; 250; 315; 400	1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10; 16; 25	100 × 48
ТКП-100 ЭК	Сигнальное устройство	Разрывная мощность контактов 30 ВА	1,5	$-25 \div +35$; $-25 \div +75$; $0-50$; $0-100$; $25-125$; $50-150$; $100-200$; $200-300$	125; 160; 200; 250; 315; 400	1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10; 16; 25	100 × 10,5

1	2	3	4	5	6	7	8
ТКП-160 Сг	Сигнальное устройство	Разрывная мощность контактов 50 ВА	На участке шкалы до 40 °С —2,5; 4,0 выше 40 °С —1,5; 2,5	—25 ÷ +57; 0—120; 100—200; 200—30	160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000	0,6; 1,0; 2,5; 4,0; 6,0; 10; 12; 16; 25	100 × 48
ТКП-60/З	—	—	2,5	0—120; 25—125	160; 200; 250	1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10	60 × 48

Самопишущие

ТГС-711	Электрический привод диаграммы, 220 В	—	1; 1,5	—50 ÷ +50; —50 ÷ +100; —50 ÷ +150; —200 ÷ +50; —150 ÷ +150; —100 ÷ +500; 0—100; 0—150; 0—200; 0—300; 0—400; 0—600; 50—150; 100—300; 200—500; 100—500; 200—600	160; 200; 250; 315; 400; 500; 630	1,6; 2,5; 4,0; 10; 16; 25; 40	280 × 430 × 125
ТГ2С-711	То же, контроль двух параметров	—	1; 1,5	—50 ÷ +50; —50 ÷ +100; —50 ÷ +150; —200 ÷ +50; —150 ÷ +150; —100 ÷ +500; 0—100; 0—150; 0—200; 0—300; 0—400; 0—600; 50—150; 100—300; 200—500; 100—500; 200—600	160; 200; 250; 315; 400; 500; 630	1,6; 2,5; 4,0; 10; 16; 25; 40	280 × 430 × 125

1	2	3	4	5	6	7	8
ТГС-712	Часовой привод диаграммы с 8-суточным заводом	—	1; 1,5	$-50 \div +50$; $-50 \div +100$; $-50 \div +150$; $-200 \div +50$; $-150 \div +150$; $-100 \div +500$; $0-100$; $0-150$; $0-200$; $0-300$; $0-400$; $0-600$; $50-150$; $100-300$; $200-500$; $100-500$; $200-600$	160; 200; 250; 315; 400; 500; 630	1 6; 2,5; 4,0; 10; 16; 25; 40	$280 \times 430 \times 125$
ТГ2С-712	То же, контроль двух параметров	—	1; 1,5	$-50 \div +50$; $-50 \div +100$; $-50 \div +150$; $-200 \div +50$; $-150 \div +150$; $-100 \div +500$; $0-100$; $0-150$; $0-200$; $0-300$; $0-400$; $0-600$; $50-150$; $100-300$; $200-500$; $100-500$; $200-600$	160; 200; 250; 315; 400; 500; 630	1,6; 2,5; 4,0; 10; 16; 25; 40	$280 \times 430 \times 125$
ТЖС-711	Электрический привод диаграммы 220 В	—	1; 1,5	$-50 \div +50$; $-50 \div +100$; $-50 \div +150$; $-150 \div +150$; $-150 \div +50$; $-100 \div +50$; $0-50$; $0-100$; $0-150$; $0-200$; $50-150$; $100-300$	80; 100; 125; 160; 200; 315; 400	1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10	$280 \times 340 \times 125$
ТЖ2С-711	То же, контроль двух параметров	—	1; 1,5	$-50 \div +50$; $-50 \div +100$; $-50 \div +150$; $-150 \div +150$; $-150 \div +50$; $-100 \div +50$; $0-50$; $0-100$; $0-150$; $0-200$; $50-150$; $100-300$	80; 100; 125; 160; 200; 315; 400	1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10	$280 \times 340 \times 125$

1	2	3	4	5	6	7	8
ТЖС-712	Часовой привод диаграммы с 8-суточным заводом	—	1; 1,5	—50 ÷ +50; —50 ÷ +100; —50 ÷ +150; —150 ÷ +150; —150 ÷ +50; —100 ÷ +50; 0—50; 0—100; 0—150; 0—200; 50—150; 100—300	80; 100; 125; 160; 200; 315; 400	1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10	280 × 430 × × 125
ТЖ2С-712	То же, контроль двух параметров	—	1; 1,5	—50 ÷ +50; —50 ÷ +100; —50 ÷ +150; —150 ÷ +150; —150 ÷ +50; —100 ÷ +50; 0—50; 0—100; 0—150; 0—200; 50—150; 100—300	80; 100; 125; 160; 200; 315; 400	1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10	280 × 340 × × 125

Самопишущие с пневматическим пропорционально-интегральным регулирующим устройством

ТГ-71Р	Регулирующее устройство, электрический привод диаграммы 220 В	—	1,5	—50 ÷ +50; —50 ÷ +100; —50 ÷ +150; 0—100; 0—150; 0—200; 0—300; 0—400; 0—500; 0—600; 50—150; 100—300; 100—500; 200—500; 200—600	160; 200; 250; 315; 400; 500; 630	1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10; 16; 25; 40	280 × 430 × × 125
ТГ-712Р	Регулирующее устройство, часовой привод диаграммы с 8-суточным заводом	—	1,5	—50 ÷ +50; —50 ÷ +100; —50 ÷ +150; 0—100; 0—150; 0—200; 0—300; 0—400; 0—500; 0—600; 50—150; 100—300; 100—500; 200—500; 200—600	160; 200; 250; 315; 400; 500; 630	1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10; 16; 25; 40	280 × 430 × × 125
ТЖ-711Р	Регулирующее устройство, электрический привод диаграммы 220 В	—	1,5	—50 ÷ +50; —50 ÷ +100; —50 ÷ +150; 0—50; 0—100; 0—150; 0—200; 50—150; 100—300	80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400	1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10	280 × 430 × × 125
ТЖ-712Р	Регулирующее устройство, часовой привод диаграммы с 8-суточным заводом	—	1,5	—50 ÷ +50; —50 ÷ +100; —50 ÷ +150; 0—50; 0—100; 0—150; 0—200; 50—150; 100—300	80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400	1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10	280 × 430 × × 125

в воздухе большого количества влаги или при значительных пульсациях давления воздуха перед фильтром рекомендуется ставить дополнительный резервуар-ресивер со спускным вентилем. При техническом обслуживании и предмонтажной проверке проводится перечень работ, оговоренных в гл. 3 § 2 и гл. 9 § 1, применительно к типу манометрического термометра. Полный комплекс работ проводится для термометров с электро- и пневмопреобразователями.

Для проверки по контрольным точкам (как правило, эти точки соответствуют 0,20, 40, 60, 80 и 100% диапазона измерения) и наладки передаточного механизма необходимо:

- 1) установить прибор на поверочном стенде в вертикальном положении;
- 2) поместить термобаллон в термостат с температурой, соответствующей нижнему пределу измерения;
- 3) ввести сектор в зацепление с трибкой после 5-минутной выдержки, закрепить стрелку (перо) на оси на начальную отметку шкалы стопорными винтами;
- 4) поместить термобаллон в термостат с температурой, соответствующей верхнему пределу измерения, сверить показания прибора с контрольным термометром. При расхождении показаний провести наладку передаточного механизма, увеличивая плечо в том случае, если стрелка (перо) не доходит до показаний контрольного термометра, и уменьшая его, если стрелка переходит через показания термометра;
- 5) провести проверку по всем контрольным точкам при последовательно возрастающей, а затем убывающей температуре, и определить основную погрешность и вариацию прибора;
- 6) если прибор не настраивается на промежуточных точках, необходимо провести повторную регулировку путем изменения положения трибкосекторного механизма.

Погрешность в одних точках можно уменьшить за счет изменения погрешности в других.

Основная погрешность и вариация (в процентах) определяются соответственно по формулам

$$\gamma = (A_d - A_p) 100 / (A_k - A_n); B = (A'_d - A''_d) 100 / (A_k - A_n),$$

где A_d и A_p — действительное и расчетное значения выходного сигнала в физических единицах; $A_k - A_n$ — диапазон измерения; A'_d и A''_d — показания образцового прибора при прямом и обратном ходе изменения температуры.

За диапазон измерения принимают: верхний предел измерения для термометров с нижним пределом, равным 0 °С; сумму абсолютных значений начала и конца диапазона, если точка, соответствующая 0 °С, находится внутри диапазона; разность верхнего и нижнего значений диапазона измерений для приборов с безнулевым диапазоном.

Предел допускаемой основной погрешности прибора, выраженный в процентах от диапазона измерений, должен быть $\pm 1,5$.

Вариация прибора не должна превышать абсолютного значения основной допускаемой погрешности.

Расчетное значение пневматического и электрического выходного сигнала для унифицированных преобразователей определяют по формулам

$$P_p = P_o + \frac{T_n - T_n}{T_k - T_n} (P_k - P_n);$$

$$I_p = I_o + \frac{T_n - T_n}{T_k - T_n} (I_k - I_n),$$

где P_o и I_o — значения сигнала, соответствующие начальному значению температуры для заданного диапазона; T_n и T_n — температура в заданной точке (измеренное значение) и начальное значение диапазона измерения температуры, °С; $(T_k - T_n)$ — диапазон измерения температуры; $(P_k - P_n)$ и $(I_k - I_n)$ — стандартный диапазон изменения унифицированного сигнала.

Например, расчетное значение пневматического выходного сигнала для манометрических термометров (с диапазоном измерения 100—300 °С), соответ-

ствующего середине шкалы (200 °С),

$$P_{p200} = 0,2 + \frac{200 - 100}{200} (1,0 - 0,2) = 0,06 \text{ МПа (0,6 кгс/см}^2\text{)}.$$

Для электрического выходного сигнала с диапазоном измерения 0—0,5 мА расчетное значение

$$I_{p200} = 0 + \frac{200 - 100}{200} (5 - 0) = 2,5 \text{ мА}.$$

Основную погрешность регулирующего устройства определяют при минимальном времени интегрирования (в секундах) и при значении предела пропорциональности, равном 100 %. Величину основной погрешности определяют как разность показаний пера и стрелки задания, выраженную в процентах от диапазона измерения.

При настройке пневматической системы соответствующих термометров необходимо установить на нижнем пределе измерения начальное давление, равное 0,02 МПа (0,2 кгс/см²), изменением длины тяги и корректором нуля и проверить величину диапазона изменения пневмосигнала при изменении температуры термобаллона от нижнего предела до верхнего. Если значение пневмосигнала верхнего предела меньше 0,1 МПа (1 кгс/см²), необходимо увеличить плечо рычага со стороны пневматического узла обратной связи, если больше — уменьшить.

При настройке сигнального устройства соответствующих термометров (см. табл. 4), если положение сигнальных контактов на кронштейне не нарушено, настройка сигнального устройства заключается в правильной установке воздушного поводка на оси трибки, чтобы направление его вращения по радиусу соответствовало направлению движения показывающей стрелки.

При превышении погрешности срабатывания сигнального устройства выше допустимого значения (15 % от диапазона измерения) необходимо отрегулировать положение сигнальных контактов на кронштейнах.

При подготовке термометров к работе необходимо: проверить герметичность в месте установки термобаллона; провести опрессовку пневматических линий давлением 0,16 МПа (1,6 кгс/см²).

Для самопишущих термометров необходимо: промыть перья в спирте, налить чернила в чернильницу, снять чернильницу, перекрыть отверстие и, сжимая корпус чернильницы, выдавить чернила на конец пера (аналогично поступают и при плохой записи), надеть и закрепить диаграмму на диаграммодержатель на определенное время, запустить привод диаграммы.

Для регулирующих термометров необходимо: слить конденсат, приоткрыв спускные вентили фильтра и ресивера; продуть очищенным и осушенным воздухом все трубопроводы.

Техническое обслуживание. Термометры в процессе обслуживания не должны подвергаться перегрузкам, т. е. температура измеряемой среды не должна превышать верхнего предела измерения; необходимо следить за герметичностью в месте установки термобаллона, целостью капилляра и изоляций электрических проводов, правильностью срабатывания сигнальных устройств, не реже одного раза в год следует проверять соответствие записей в паспорте прибора с прибором.

Для термометров с регулирующим устройством необходимо: не реже одного раза в неделю продувать фильтр воздуха и ресивер, кратковременно открывая выпускные вентили до прекращения выделения конденсата; не реже одного раза в месяц очищать или заменять фильтрующие элементы фильтра очистки воздуха.

Основные неисправности манометрических термометров приведены в табл. 5.

Термоэлектрические преобразователи (ТП)

В соответствии со стандартом ГОСТ 3044—84 промышленность изготавливает термоэлектрические преобразователи шести типов взамен пяти типов по ГОСТ 3344—77 (табл. 6).

5. Основные неисправности манометрических термометров

Тип термометра	Неисправность	Причина	Способ устранения
1	2	3	4
Все типы	Термометр не реагирует на изменение температуры или показания его со временем уменьшаются Показания термометра не соответствуют поверочному свидетельству, но постоянны Значительное расхождение в показаниях между прямым и обратным ходом Показания термометра значительно выше истинной величины	Негерметичность термосистемы. Утечка заполнителя Сбита стрелка с начального положения Сбита настройка угла раскручивания пружины Заедание в тяге или в поводке Неполное омывание термобаллона измеряемой средой Термометр был подвергнут перегрузке	Заменить термосистему, оттарировать термометр Установить стрелку по контрольному термометру Оттарировать измерительную систему прибора Устранить заедание Погрузить термобаллон в измеряемую среду на необходимую глубину Заменить термосистему и вновь произвести тарировку и настройку термометра по контрольным точкам
Все типы	Стрелка термометра не сразу возвращается в нулевое положение	Стрелка задевает стекло или шкалу Неисправен стирающий волосок	Выправить стрелку Сменить волосок. Если запутались нити волоска, нужно расположить их в одной плоскости
ТДГ-Э ТДЖ-Э	Отсутствует изменение выходного сигнала	Обрыв в линии погрузки, при этом выходной сигнал равен 0 Обрыв в цепи питания индикатора рассогласования Обрыв внутри индикатора или нарушена изоляция обмотки Некачественное крепление измерительного блока к преобразователю	Устранить обрыв Проверить наличие обрыва с помощью вольтметра, подсоединив его к клеммам 5 и 6 Проверить наличие обрыва с помощью омметра, проверить нарушение изоляции с помощью осциллографа Подтянуть крепежные узлы
	Показания датчика нестабильны		

1	2	3	4
ТГС-711р, 712р ТЖС-711р, 712р	Перо пишет толстую линию Привод диаграммы работает, а диаграмма не вращается Вялая работа регулирующего органа при нормальной работе регулирующего устройства При установке дросселя времени изодрома на бесконечность давление на выходе падает до минимума или возрастает до максимума при $\delta \geq 100\%$ При установленной контрольной точке и запертом дросселе времени интегрирования давление на выходе медленно падает до минимума Одностороннее смещение контрольной точки при всех замерах Уменьшается время интегрирования на соответствующих отметках шкалы	Переполнена чернильница Плохое закрепление диаграммы на оси Засорился исполнительный механизм или наблюдается утечка в линии Не запирается полностью дроссель истройки времени изодрома Наблюдается негерметичность сильфона положительной обратной связи и пневмосткости интегрального блока Смещена начальная точка Износился дроссель истройки времени интегрирования	Отлить чернила Поджать гайку диаграммодержателя Проверить герметичность линии; в случае засорения разъединить «МИМ» и продуть сухим чистым воздухом Настраивать в соответствии с инструкцией истройки интегральных блоков Проверить герметичность мыльной эмульсией и подтянуть крепежные болты Установить начальную точку по контрольному манометру Заменить дроссель

6. Технические характеристики термоэлектрических преобразователей температуры

ТИП	Номинальная техническая характеристика преобразователя	Материал термоэлектрода		Диапазон измеряемых температур, °C	Пределы допускаемых отклонений термо-ЭДС преобразователя $\pm E$, мВ
		положительного	отрицательного		
1	2	3	4	5	6
ТВР	ВР (А)-1	Сплав вольфрамрений ВР-5 95 % W + + 5 % Re	Сплав вольфрамрений ВР-20 80 % W + + 20 % Re	0—1000 1000—1800 1800—2500	0,080 0,080 + +380·10 ⁻⁵ (t—1000) 0,110 + +11,0·10 ⁻⁵ (t—1800)

1	2	3	4	5	6
	ВР (А)-2 ВР (А)-3			0—1000 1000—1800	0,080 $0,080 + 3,80 \times 10^{-5} (t - 1000)$
ТПР	ПР (В)	Сплав платинородий ПР-30 (70 % Pt + + 30 % Rh)	Сплав платинородий ПР-6 94 % Pt + + 6 % Rh	300—1800	$0,009 + 3,40 \times 10^{-5} (t - 300)$
ТПП	ПП (S)	Сплав платинородий ПР-10 (90 % Pt + + 10 % Rh)	Платина ПЛТ (Pt)	0—300 300—1600	0,080 $0,080 + 2,69 \times 10^{-5} (t - 300)$
ТХА	ХА (К)	Сплав хромель ТНХ9,5 (90,5 % Ni + + 9,5 % Cr)	Сплав алюминель НМВАК2-2-1 (94,5 % Ni + + 5,5 % Al, Si, Mn)	—200—0 0—300 300—1300	$0,080 + 0,30 \times 10^{-3} (t + 200)$ 0,140 $0,140 + 0,22 \times 10^{-3} (t - 300)$
ТХК	ХК (L)	То же	Сплав Копель MgМп 43—0,5 (56 % Cu + 442)	—200—0 0—300 300—800	$0,100 + 0,20 \times 10^{-3} (t + 200)$ $0,140 + 0,20 \cdot 10^{-3}$ $0,200 + 0,52 \times 10^{-3} (t - 300)$
ТМК	МК (М)	Медь М2 (Cu)	То же	—200—0 0—100	$0,026 + 1,45 \times 10^{-4} (t + 200)$ 0,055

Примечание. t — температура рабочего конца термопары, °С.

Номинальные статические характеристики (НСХ) изменились у термопреобразователей типов ВР (А), ПП (S), ПР (В). В остальных — остались без изменений.

Термопреобразователь генерирует термо-ЭДС (табл. 7) при условии, если свободные концы ее находятся при температуре 0°С. Если температура свободных концов термопреобразователя не равна 0 °С, вводят поправку: к термо-ЭДС добавляют ЭДС, определенную по таблице для температуры свободных концов.

Поправка также может быть внесена при помощи метода переноса свободных концов в зону постоянной температуры при помощи термоэлектродных удлинительных проводов (ранее компенсационных) введением в термоэлектрическую цепь компенсирующего напряжения; термостатированием свободных концов.

При технических измерениях термостатирование проводится в автоматических термостатах типа ЭКВ (производство ГДР) или путем закапывания свободных концов в землю на глубину 2 м, где температура постоянна в течение всего года.

Во вторичных приборах и бесшкальных преобразователях термо-ЭДС компенсация температуры свободных концов обеспечивается автоматически.

При предмонтажной проверке термопреобразователь проверяется путем сравнения его показаний с показаниями образцового термопреобразователя, для чего их помещают в водяной, масляный или солевой термостат (при преобразователях с пределами измерения до 300 °С) или в специальные электрические печи (с пределами свыше 300 °С).

Для проверки необходимы образцовые термопреобразователи, электрическая нагревательная муфельная печь, термостаты, лабораторный потенциометр кл. 0,03 и выше.

Проверяемый термопреобразователь освобождают от защитной арматуры, связывают с образцовым асбестовым шнуром так, чтобы их рабочие концы были совмещены, но без электрического контакта. Для этого образцовый преобразователь защищают тонкостенным колпачком из фарфора или кварца. Пучок термопреобразователей вводят в зону максимального нагрева печи (не касаясь стенки) и закрепляют. Свободные концы удлиняют с помощью термоэлектродных проводов, пропускают через термостат с температурой 0 °С и подключают к потенциометру. Нагревают печь при скорости изменения температуры не более 2 °С/мин и делают 3—4 отсчета показаний обоих преобразователей до верхнего предела по потенциометру. Если температура свободных концов не равна при этом 0 °С, то ее приводят к 0 °С по градуировочным таблицам. Отклонения показаний проверяемого преобразователя не должны превышать допустимых отклонений по ГОСТ 3044—84 (см. табл. 7).

На практике часто возникает необходимость в изготовлении термопреобразователя из имеющихся термоэлектродных проводов. Если их диаметр не превышает 0,5 мм, то их скручивают вместе (более мягкий пускают снаружи скрутки) и сваривают в подсоленной воде, подсоединив корпус посуды с водой и скрутку к зажимам автотрансформатора. Напряжение автотрансформатора повышают до тех пор, пока дуга в месте касания воды и конца скрутки не обеспечит надежной сварки, и на конце скрутки не образуется шарик из белого расплавленного металла диаметром, в 2—3 раза превышающим диаметр термоэлектрода. Если диаметр термоэлектрических проводов превышает 0,5 мм, их сваривают с помощью постоянного тока до 50 А, напряжением 24 В, прикасаясь при этом к куску графита с насыпанной кучкой буры.

После ремонта термопреобразователей мегомметром (на 500 В — для демонтированных термопар и на 250 В — для смонтированных) измеряют сопротивление изоляции между электродами и корпусом. Оно должно быть не менее 5 МОм.

Термопреобразователи сопротивления (ТС)

По материалу чувствительного элемента ТС подразделяются на платиновые (ТСП) и медные (ТСМ) (табл. 8).

Чувствительный элемент изготавливают из металла одинаковой чистоты, что проверяется соотношением $W_{100} = R_{100} / R_0$ (сопротивление при температуре 100 и 0 °С соответственно).

При проверке ТС достаточно измерить это соотношение, чтобы быть уверенным в правильности его работы на всем диапазоне температур.

Отношение W_{100} ГОСТ 6651—84* предусматривает для всех типов и классов допусков ТС, его наименьшее допускаемое значение, допускаемое отклонение от номинального значения сопротивления при 0 °С (R_0) (табл. 9).

Номинальные статические характеристики НСХ преобразования и значение сопротивления ТС при любой температуре для проверки вторичных приборов получают по формуле $R_t = W_t R_0$, где R_t — сопротивление ТС при температуре t , Ом; W_t — значение отношения сопротивлений при температуре t к сопротивлению при 0 °С.

* ГОСТ 6651—87, введен в действие с 1.01.1987г. вместо ГОСТа 6651—78, который предусматривал НСХ (градуировочные характеристики), в которых приведены величины сопротивления R_t всех типов ТС на всем диапазоне температур.

BP (A) - 2

0	0,000	0,118	0,241	0,367	0,497	0,630	0,766	0,905	1,047	1,191
100	1,337	1,486	1,637	1,798	1,944	2,100	2,258	2,411	2,577	2,739
200	2,901	3,065	3,229	3,395	3,561	3,728	3,896	4,063	4,232	4,401
300	4,570	4,740	4,910	5,080	5,251	5,422	5,593	5,764	5,936	6,107
400	6,279	6,451	6,623	6,794	6,966	7,138	7,310	7,481	7,653	7,825
500	7,996	8,168	8,339	8,511	8,682	8,853	9,024	9,194	9,365	9,535
600	9,706	9,876	10,046	10,215	10,385	10,554	10,723	10,892	11,061	11,229
700	11,397	11,565	11,733	11,900	12,067	12,234	12,400	12,566	12,732	12,898
800	13,063	13,228	13,392	13,557	13,720	13,884	14,047	14,210	14,372	14,534
900	14,695	14,857	15,017	15,177	15,337	15,497	15,656	15,814	15,972	16,130
1000	16,287	16,444	16,600	16,755	16,911	17,065	17,220	17,373	17,526	17,679
1100	17,831	17,983	18,134	18,285	18,435	18,585	18,734	18,883	19,031	19,179
1200	19,326	19,472	19,618	19,764	19,909	20,054	20,198	20,341	20,484	20,627
1300	20,769	20,911	21,052	21,192	21,332	21,472	21,611	21,750	21,888	22,026
1400	22,163	22,300	22,436	22,572	22,707	22,842	22,977	23,110	23,244	23,377
1500	23,509	23,642	23,773	23,904	24,035	24,165	24,294	24,424	24,552	24,680
1600	24,808	24,935	25,061	25,187	25,312	25,437	25,561	25,685	25,808	25,930
1700	26,052	26,173	26,293	26,412	26,531	26,649	26,766	26,882	26,998	27,112
1800	27,226									

BP (A) - 3

0	0,000	0,119	0,240	0,366	0,494	0,625	0,759	0,895	1,034	1,175
100	1,318	1,464	1,611	1,760	1,910	2,062	2,216	2,370	2,526	2,684
200	2,842	3,001	3,161	3,322	3,484	3,647	3,810	3,974	4,139	4,304
300	4,469	4,635	4,801	4,968	5,135	5,302	5,470	5,637	5,805	5,973
400	6,141	6,310	6,478	6,647	6,815	6,984	7,152	7,321	7,489	7,658
500	7,826	7,995	8,163	8,331	8,499	8,667	8,835	9,003	9,170	9,338
600	9,505	9,672	9,839	10,006	10,173	10,339	10,505	10,671	10,837	11,002
700	11,167	11,332	11,497	11,662	11,826	11,990	12,153	12,317	12,480	12,642
800	12,805	12,967	13,129	13,290	13,451	13,612	13,772	13,933	14,092	14,252
900	14,410	14,569	14,727	14,885	15,042	15,199	15,356	15,512	15,668	15,823
1000	15,978	16,132	16,286	16,440	16,593	16,745	16,897	17,049	17,200	17,351
1100	17,501	17,651	17,800	17,949	18,097	18,245	18,392	18,539	18,685	18,831
1200	18,976	19,121	19,265	19,409	19,553	19,695	19,839	19,979	20,120	20,261

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1300	20,401	20,541	20,680	20,819	20,957	21,095	21,232	21,369	21,505	21,641
1400	21,776	21,911	22,045	22,179	22,312	22,444	22,577	22,708	22,840	22,970
1500	23,101	23,231	23,360	23,489	23,617	23,745	23,872	23,999	24,125	24,251
1600	24,377	24,501	24,626	24,750	24,873	24,996	25,118	25,240	25,361	25,481
1700	25,601	25,721	25,840	25,958	26,075	26,192	26,309	26,425	26,540	26,654
1800	26,767									

ПР (B)

300	0,431	0,462	0,494	0,527	0,561	0,596	0,632	0,669	0,707	0,746
400	0,786	0,827	0,870	0,913	0,957	1,002	1,048	1,095	1,143	1,192
500	1,241	1,292	1,344	1,397	1,450	1,505	1,560	1,617	1,674	1,732
600	1,791	1,851	1,912	1,974	2,036	2,100	2,164	2,230	2,296	2,363
700	2,430	2,499	2,569	2,639	2,710	2,782	2,855	2,928	3,003	3,078
800	3,154	3,231	3,308	3,387	3,466	3,546	3,626	3,708	3,790	3,873
900	3,957	4,041	4,126	4,212	4,298	4,386	4,474	4,562	4,652	4,742
1000	4,833	4,924	5,016	5,109	5,202	5,297	5,391	5,487	5,583	5,680
1100	5,777	5,875	5,973	6,073	6,172	6,273	6,374	6,475	6,577	6,680
1200	6,683	6,887	6,991	7,096	7,202	7,308	7,414	7,521	7,628	7,736
1300	7,485	7,953	8,063	8,172	8,283	8,393	8,504	8,616	8,727	8,839
1400	8,952	9,065	9,178	9,291	9,405	9,512	9,634	9,749	9,863	9,979
1500	10,094	10,210	10,325	10,441	10,558	10,674	10,790	10,907	11,024	11,141
1600	11,257	11,374	11,491	11,608	11,725	11,842	11,959	12,076	12,193	12,310
1700	12,424	12,543	12,659	12,776	12,892	13,008	13,124	13,239	13,354	13,470
1800	13,585									

ПН (S)

0	0,000	0,055	0,113	0,173	0,235	0,299	0,365	0,432	0,502	0,573
100	0,645	0,719	0,795	0,872	0,950	1,029	1,109	1,190	1,273	1,356
200	1,440	1,525	1,611	1,698	1,785	1,873	1,962	2,051	2,141	2,232

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

X K (L)

—200	—9,488									
—100	—5,641	—6,117	—6,575	—7,014	—7,433	—7,831	—8,207	—8,562	—8,894	—9,202
—0	—0	—0,626	—1,240	—1,841	—2,429	—3,003	—3,562	—4,106	—4,634	—5,146
0	0	0,638	1,287	1,947	2,618	3,299	3,989	4,689	5,398	6,116
100	6,842	7,576	8,318	9,069	9,826	10,591	11,363	12,142	12,928	13,720
200	14,519	15,323	16,134	16,950	17,772	18,599	19,431	20,268	21,110	21,956
300	22,806	23,661	24,518	25,380	26,244	27,111	27,981	28,853	29,728	30,604
400	31,482	32,361	33,241	34,122	35,004	35,886	36,769	37,652	38,534	39,417
500	40,299	41,181	42,062	42,943	43,823	44,703	45,582	46,461	47,339	48,216
600	49,094	49,971	50,847	51,724	52,600	53,477	54,353	55,229	56,106	56,981
700	57,857	58,732	59,606	60,478	61,348	62,215	63,079	63,937	64,789	65,634
800	66,469									

M K (M)

—200	—6,153									
—100	—3,715	—4,020	—4,313	—4,593	—4,859	—5,111	—5,349	—5,572	—5,781	—5,975
—0	0,000	—0,421	—0,832	—1,232	—1,622	—2,000	—2,367	—2,722	—3,065	—3,396
0	0,000	0,431	0,872	1,323	1,783	2,253	2,731	3,215	3,709	4,211
100	4,721									

Примечание. Знак температуры, слагаемой из сотен и десятков °C, определяется знаком сотен.

8. Технические характеристики термопреобразователей сопротивления

Тип ТС	Нормальное значение сопротивления при 0 °C R_0 , Ом	Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования НСХ	Класс допуска	Допускаемое отклонение от номинального сопротивления при 0 °C R_0 , ±%	Номинальное значение отношения сопротивления W_{100}	Наименьшее допускаемое значение отношения сопротивления W_{100}	Диапазон измеряемых температур, °C
ТСП	1	1П	В; С	0,1; 0,2	$\begin{Bmatrix} 1,3910 \\ 1,3850 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,3905 \\ 1,3845 \end{Bmatrix}$	$\begin{matrix} 0-1100 \\ 0-850 \end{matrix}$
			А	0,05	$\begin{Bmatrix} 1,3910 \\ 1,3850 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,3905 \\ 1,3845 \end{Bmatrix}$	$\begin{matrix} (-200)-(+750) \\ (-200)-(+650) \end{matrix}$
	10	10П	В; С	0,1; 0,2	$\begin{Bmatrix} 1,3910 \\ 1,3850 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,3905 \\ 1,3845 \end{Bmatrix}$	$\begin{matrix} (-80)-(+1000) \\ (-50)-(+850) \end{matrix}$
			А	0,05	$\begin{Bmatrix} 1,3910 \\ 1,3850 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,3905 \\ 1,3845 \end{Bmatrix}$	$\begin{matrix} (-260)-(+750) \\ (-200)-(+650) \end{matrix}$
	50	50П	В; С	0,1; 0,2	$\begin{Bmatrix} 1,3910 \\ 1,3850 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,3905 \\ 1,3845 \end{Bmatrix}$	$\begin{matrix} (-200)-(+1000) \\ (-100)-(+850) \end{matrix}$
			А	0,05	$\begin{Bmatrix} 1,3910 \\ 1,3950 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,3905 \\ 1,3845 \end{Bmatrix}$	$\begin{matrix} (-260)-(+750) \\ (-200)-(+650) \end{matrix}$
	100	100П	В; С	0,1; 0,2	$\begin{Bmatrix} 1,3910 \\ 1,3850 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,3905 \\ 1,3845 \end{Bmatrix}$	$\begin{matrix} (-200)-(+1000) \\ (-200)-(+650) \end{matrix}$
			А	0,05	$\begin{Bmatrix} 1,3910 \\ 1,3850 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,3905 \\ 1,3845 \end{Bmatrix}$	$\begin{matrix} (-260)-(+300) \\ (-200)-(+300) \end{matrix}$
	500	500П	А	0,05	$\begin{Bmatrix} 1,3910 \\ 1,3850 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,3905 \\ 1,3845 \end{Bmatrix}$	$\begin{matrix} (-260)-(+300) \\ (-200)-(+300) \end{matrix}$
	1000	1000П	А	0,05	$\begin{Bmatrix} 1,3910 \\ 1,3850 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,3905 \\ 1,3845 \end{Bmatrix}$	$\begin{matrix} (-260)-(+300) \\ (-200)-(+300) \end{matrix}$
ТСМ	10	10М	В; С	0,1; 0,2	$\begin{Bmatrix} 1,4280 \\ 1,4260 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,4270 \\ 1,4240 \end{Bmatrix}$	$(-50)-(+200)$
	50	50М	В; С	0,1; 0,2	$\begin{Bmatrix} 1,4280 \\ 1,4260 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,4270 \\ 1,4270 \end{Bmatrix}$	
	100	100М	В; С		$\begin{Bmatrix} 1,4280 \\ 1,4260 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,4270 \\ 1,4270 \end{Bmatrix}$	
	500	500М	В; С		$\begin{Bmatrix} 1,4280 \\ 1,4260 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1,4270 \\ 1,4270 \end{Bmatrix}$	

9. Отношения сопротивлений для платиновых и медных термометров сопротивлений. 1. Отношения сопротивлений W_t для платиновых ТС с $W_{100} = 1,3910$

°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
-100	0,5962	0,5921	0,5880	0,5839	0,5798	0,5756	0,5715	0,5674	0,5633	0,5591
-90	0,6372	0,6332	0,6291	0,6250	0,6209	0,6168	0,6126	0,6085	0,6044	0,6003
-80	0,6781	0,6740	0,6700	0,6659	0,6618	0,6577	0,6536	0,6495	0,6454	0,6413
-70	0,7188	0,7148	0,7107	0,7066	0,7026	0,6985	0,6944	0,6903	0,6863	0,6822
-60	0,7594	0,7554	0,7513	0,7473	0,7432	0,7391	0,7351	0,7310	0,7270	0,7229
-50	0,7998	0,7958	0,7918	0,7877	0,7837	0,7796	0,7756	0,7716	0,7675	0,7635
-40	0,8401	0,8361	0,8321	0,8280	0,8240	0,8200	0,8160	0,8119	0,8079	0,8039
-30	0,8803	0,8763	0,8723	0,8683	0,8642	0,8602	0,8562	0,8522	0,8482	0,8441
-20	0,9203	0,9163	0,9123	0,9083	0,9043	0,9003	0,8963	0,8923	0,8883	0,8843
-10	0,9602	0,9562	0,9522	0,9483	0,9443	0,9403	0,9363	0,9323	0,9283	0,9243
0	1,0000	0,9960	0,9921	0,9881	0,9841	0,9801	0,9762	0,9722	0,9682	0,9642

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,0000	1,0040	1,0079	1,0119	1,0159	1,0198	1,0238	1,0278	1,0317	1,0357
10	1,0396	1,0436	1,0476	1,0515	1,0555	1,0594	1,0636	1,0673	1,0713	1,0757
20	1,0792	1,0831	1,0871	1,0910	1,0950	1,0989	1,1029	1,1068	1,1107	1,1147
30	1,1186	1,1225	1,1265	1,1304	1,1343	1,1383	1,1422	1,1461	1,1501	1,1540
40	1,1579	1,1618	1,1658	1,1697	1,1736	1,1775	1,1814	1,1853	1,1892	1,1932
50	1,1971	1,2010	1,2049	1,2088	1,2127	1,2166	1,2205	1,2244	1,2283	1,2322
60	1,2361	1,2400	1,2439	1,2478	1,2517	1,2556	1,2595	1,2634	1,2673	1,2712
70	1,2751	1,2790	1,2828	1,2867	1,2906	1,2945	1,2984	1,3022	1,3061	1,3100
80	1,3139	1,3178	1,3216	1,3255	1,3294	1,3332	1,3371	1,3410	1,3448	1,3487
90	1,3526	1,3564	1,3603	1,3641	1,3680	1,3719	1,3757	1,3796	1,3834	1,3873
100	1,3910	1,3949	1,3988	1,4027	1,4065	1,4104	1,4152	1,4181	1,4219	1,4258
110	1,4296	1,4334	1,4373	1,4411	1,4449	1,4488	1,4526	1,4564	1,4603	1,4641
120	1,4679	1,4718	1,4756	1,4794	1,4832	1,4870	1,4909	1,4947	1,4985	1,5023
130	1,5061	1,5099	1,5138	1,5176	1,5214	1,5252	1,5290	1,5328	1,5366	1,5404
140	1,5442	1,5480	1,5518	1,5556	1,5594	1,5632	1,5670	1,5708	1,5746	1,5784
150	1,5822	1,5860	1,5898	1,5936	1,5974	1,6012	1,6049	1,6087	1,6125	1,6163
160	1,6201	1,6238	1,6276	1,6314	1,6352	1,6390	1,6427	1,6465	1,6503	1,6540
170	1,6578	1,6616	1,6654	1,6691	1,6729	1,6766	1,6804	1,6842	1,6879	1,6917
180	1,6954	1,6992	1,7029	1,7067	1,7104	1,7142	1,7179	1,7217	1,7254	1,7292
190	1,7329	1,7367	1,7404	1,7442	1,7479	1,7517	1,7554	1,7591	1,7629	1,7666
200	1,7703	1,7741	1,7778	1,7815	1,7852	1,7890	1,7927	1,7964	1,8002	1,8039
210	1,8076	1,8113	1,8150	1,8188	1,8225	1,8262	1,8299	1,8336	1,8373	1,8411
220	1,8448	1,8485	1,8522	1,8559	1,8596	1,8633	1,8670	1,8707	1,8744	1,8781
230	1,8818	1,8855	1,8892	1,8929	1,8966	1,9003	1,9040	1,9077	1,9114	1,9150
240	1,9187	1,9224	1,9261	1,9298	1,9335	1,9372	1,9408	1,9445	1,9482	1,9519
250	1,9555	1,9592	1,9629	1,9665	1,9702	1,9739	1,9776	1,9812	1,9849	1,9885
260	1,9922	1,9959	1,9995	2,0032	2,0069	2,0105	2,0142	2,0178	2,0215	2,0251
270	2,0288	2,0324	2,0361	2,0397	2,0433	2,0470	2,0507	2,0543	2,0580	2,0616
280	2,0652	2,0689	2,0725	2,0762	2,0798	2,0834	2,0870	2,0907	2,0943	2,0980
290	2,1016	2,1052	2,1088	2,1124	2,1161	2,1197	2,1233	2,1269	2,1306	2,1342
300	2,1378	2,1414	2,1450	2,1486	2,1523	2,1559	2,1595	2,1631	2,1667	2,1703
310	2,1739	2,1775	2,1811	2,1847	2,1883	2,1919	2,1955	2,1991	2,2027	2,2063
320	2,2099	2,2135	2,2171	2,2207	2,2243	2,2278	2,2314	2,2350	2,2386	2,2422
330	2,2458	2,2493	2,2529	2,2565	2,2601	2,2636	2,2672	2,2708	2,2744	2,2779
340	2,2815	2,2851	2,2886	2,2922	2,2958	2,2994	2,3029	2,3065	2,3100	2,3136
350	2,3171	2,3207	2,3243	2,3278	2,3314	2,3349	2,3385	2,3420	2,3456	2,3491
360	2,3527	2,3562	2,3598	2,3633	2,3668	2,3704	2,3739	2,3775	2,3810	2,3845

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
370	2,3881	2,3916	2,3951	2,3987	2,4022	2,4057	2,4093	2,4128	2,4163	2,4198
380	2,4234	2,4269	2,4304	2,4339	2,4374	2,4410	2,4445	2,4480	2,4515	2,4550
390	2,4585	2,4620	2,4656	2,4691	2,4726	2,4761	2,4796	2,4831	2,4866	2,4901
400	2,4936	2,4971	2,5006	2,5041	2,5076	2,5111	2,5146	2,5180	2,5215	2,5250

2. Отношения сопротивлений W_t для платиновых ТС
с $W_{100} = 1,3850$

°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
-100	0,6525	0,5985	0,5944	0,5904	0,5863	0,5822	0,5782	0,5741	0,5700	0,5660
-90	0,6430	0,6390	0,6349	0,6309	0,6268	0,6228	0,6187	0,6147	0,6106	0,6066
-80	0,6833	0,6792	0,6752	0,6712	0,6672	0,6631	0,6591	0,6551	0,6511	0,6470
-70	0,7233	0,7193	0,7153	0,7113	0,7073	0,7033	0,6993	0,6953	0,6913	0,6873
-60	0,7633	0,7593	0,7553	0,7513	0,7473	0,7433	0,7393	0,7353	0,7313	0,7273
-50	0,8031	0,7991	0,7951	0,7911	0,7872	0,7832	0,7792	0,7752	0,7713	0,7673
-40	0,8427	0,8388	0,8348	0,8308	0,8269	0,8220	0,8189	0,8150	0,8110	0,8070
-30	0,8822	0,8783	0,8743	0,8704	0,8664	0,8625	0,8585	0,8546	0,8506	0,8467
-20	0,9216	0,9177	0,9137	0,9098	0,9059	0,9019	0,8980	0,8940	0,8901	0,8862
-10	0,9609	0,9569	0,9530	0,9491	0,9452	0,9412	0,9373	0,9334	0,9295	0,9255
0	0,0000	0,9961	0,9922	0,9883	0,9844	0,9804	0,9765	0,9726	0,9687	0,9648

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,0000	1,0039	1,0078	1,0117	1,0156	1,0195	1,0234	1,0273	1,0312	1,0351
10	1,0390	1,0429	1,0468	1,0507	1,0546	1,0585	1,0624	1,0663	1,0702	1,0740
20	1,0779	1,0818	1,0857	1,0896	1,0935	1,0973	1,1012	1,1051	1,1090	1,1128
30	1,1167	1,1206	1,1245	1,1283	1,1322	1,1361	1,1399	1,1438	1,1477	1,1515
40	1,1554	1,1593	1,1631	1,1670	1,1708	1,1747	1,1785	1,1824	1,1862	1,1901
50	1,1940	1,1978	1,2016	1,2055	1,2093	1,2132	1,2170	1,2209	1,2247	1,2286
60	1,2324	1,2362	1,2401	1,2439	1,2477	1,2516	1,2554	1,2592	1,2631	1,2669
70	1,2707	1,2745	1,2784	1,2822	1,2860	1,2898	1,2937	1,2975	1,3013	1,3051
80	1,3089	1,3127	1,3166	1,3204	1,3242	1,3280	1,3318	1,3356	1,3394	1,3432
90	1,3470	1,3508	1,3546	1,3584	1,3622	1,3660	1,3698	1,3736	1,3774	1,3812
100	1,3850	1,3888	1,3926	1,3964	1,4002	1,4039	1,4077	1,4115	1,4153	1,4191
110	1,4229	1,4266	1,4304	1,4342	1,4380	1,4417	1,4455	1,4493	1,4531	1,4568
120	1,4606	1,4644	1,4681	1,4719	1,4757	1,4794	1,4832	1,4870	1,4907	1,4945
130	1,4982	1,5020	1,5057	1,5095	1,5133	1,5170	1,5208	1,5245	1,5283	1,5320
140	1,5358	1,5395	1,5432	1,5470	1,5507	1,5545	1,5582	1,5619	1,5657	1,5694
150	1,5731	1,5769	1,5806	1,5843	1,5881	1,5918	1,5955	1,5993	1,6030	1,6067
160	1,6104	1,6142	1,6179	1,6216	1,6253	1,6290	1,6327	1,6365	1,6402	1,6439
170	1,6476	1,6513	1,6550	1,6587	1,6624	1,6661	1,6698	1,6735	1,6772	1,6809
180	1,6846	1,6883	1,6920	1,6957	1,6994	1,7031	1,7068	1,7105	1,7142	1,7179
190	1,7216	1,7253	1,7290	1,7326	1,7363	1,7400	1,7437	1,7474	1,7510	1,7547
200	1,7584	1,7621	1,7657	1,7694	1,7731	1,7768	1,7804	1,7841	1,7878	1,7914
210	1,7951	1,7988	1,8024	1,8061	1,8097	1,8134	1,8171	1,8207	1,8244	1,8280
220	1,8317	1,8353	1,8390	1,8426	1,8463	1,8499	1,8536	1,8572	1,8609	1,8645
230	1,8632	1,8718	1,8754	1,8791	1,8827	1,8863	1,8900	1,8936	1,8972	1,9009
240	1,9045	1,9081	1,9118	1,9154	1,9190	1,9226	1,9263	1,9299	1,9335	1,9371

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
250	1,9407	1,9444	1,9480	1,9516	1,9552	1,9588	1,9624	1,9660	1,9696	1,9733
260	1,9769	1,9805	1,9841	1,9877	1,9913	1,9949	1,9985	2,0021	2,0057	2,0093
270	2,0129	2,0165	2,0201	2,0236	2,0272	2,0308	2,0344	2,0380	2,0416	2,0452
280	2,0488	2,0523	2,0559	2,0595	2,0631	2,0667	2,0702	2,0738	2,0774	2,0810
290	2,0845	2,0881	2,0917	2,0952	2,0988	2,1024	2,1059	2,1095	2,1131	2,1166
300	2,1202	2,1237	2,1273	2,1309	2,1344	2,1380	2,1415	2,1451	2,1486	2,1522
310	2,1557	2,1593	2,1628	2,1664	2,1699	2,1735	2,1770	2,1805	2,1841	2,1876
320	2,1912	2,1947	2,1982	2,2018	2,2053	2,2088	2,2124	2,2159	2,2194	2,2229
330	2,2265	2,2300	2,2335	2,2370	2,2406	2,2441	2,2476	2,2511	2,2546	2,2581
340	2,2617	2,2652	2,2687	2,2722	2,2757	2,2792	2,2827	2,2862	2,2897	2,2932
350	2,2967	2,3002	2,3037	2,3072	2,3107	2,3142	2,3177	2,3212	2,3247	2,3282
360	2,3317	2,3352	2,3387	2,3422	2,3456	2,3491	2,3526	2,3561	2,3596	2,3631
370	2,3665	2,3700	2,3735	2,3770	2,3804	2,3839	2,3874	2,3909	2,3943	2,3978
380	2,4013	2,4047	2,4082	2,4117	2,4151	2,4186	2,4220	2,4255	2,4290	2,4324
390	2,4359	2,4393	2,4428	2,4462	2,4497	2,4531	2,4566	2,4600	2,4635	2,4669
400	2,4704	2,4738	2,4773	2,4807	2,4841	2,4876	2,4910	2,4945	2,4979	2,5013

3. Отношения сопротивлений W_t для медных ТС
с $W_{100} = 1,4280$

0°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
-100	0,5661	0,5617	0,5572	0,5528	0,5483	0,5439	0,5394	0,5350	0,5305	0,5260
-90	0,6103	0,6059	0,6015	0,5971	0,5927	0,5882	0,5838	0,5794	0,5749	0,5705
-80	0,6542	0,6498	0,6454	0,6410	0,6366	0,6322	0,6279	0,6235	0,6191	0,6147
-70	0,6979	0,6936	0,6892	0,6849	0,6805	0,6761	0,6717	0,6673	0,6630	0,6586
-60	0,7415	0,7371	0,7328	0,7285	0,7241	0,7197	0,7154	0,7110	0,7067	0,7023
-50	0,7848	0,7805	0,7762	0,7719	0,7675	0,7632	0,7588	0,7545	0,7502	0,7458
-40	0,8281	0,8238	0,8195	0,8151	0,8108	0,8065	0,8022	0,7978	0,7935	0,7892
-30	0,8712	0,8669	0,8626	0,8583	0,8540	0,8497	0,8454	0,8410	0,8367	0,8324
-20	0,9142	0,9099	0,9056	0,9013	0,8970	0,8927	0,8884	0,8841	0,8798	0,8755
-10	0,9572	0,9529	0,9486	0,9443	0,9400	0,9357	0,9314	0,9271	0,9228	0,9185
0	1,0000	0,9957	0,9914	0,9872	0,9829	0,9786	0,9743	0,9700	0,9658	0,9615

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,0000	1,0043	1,0086	1,0128	1,0171	1,0214	1,0257	1,0300	1,0342	1,0385
10	1,0428	1,0471	1,0514	1,0557	1,0599	1,0642	1,0685	1,0728	1,0771	1,0814
20	1,0856	1,0899	1,0942	1,0985	1,1028	1,1071	1,1113	1,1156	1,1199	1,1242
30	1,1284	1,1327	1,1370	1,1413	1,1456	1,1498	1,1541	1,1584	1,1627	1,1670
40	1,1712	1,1755	1,1798	1,1841	1,1884	1,1926	1,1969	1,2012	1,2055	1,2098
50	1,2140	1,2183	1,2226	1,2269	1,2312	1,2354	1,2397	1,2440	1,2483	1,2526
60	1,2568	1,2611	1,2654	1,2697	1,2740	1,2782	1,2825	1,2868	1,2911	1,2954
70	1,2996	1,3039	1,3082	1,3125	1,3168	1,3210	1,3253	1,3296	1,3339	1,3381
80	1,3424	1,3467	1,3510	1,3553	1,3595	1,3638	1,3681	1,3724	1,3767	1,3809
90	1,3852	1,3895	1,3938	1,3981	1,4023	1,4066	1,4109	1,4152	1,4195	1,4237
100	1,4280	1,4323	1,4366	1,4408	1,4451	1,4494	1,4537	1,4580	1,4622	1,4665
110	1,4708	1,4751	1,4794	1,4836	1,4879	1,4922	1,4965	1,5007	1,5050	1,5093
120	1,5136	1,5178	1,5221	1,5264	1,5307	1,5350	1,5392	1,5435	1,5478	1,5521

[illegible]

4. Отношения сопротивлений W_t для медных ТС
 $W_{100} = 1,4260$

°C		—1	—2	—3	—4	—5	—6	—7	—8	—9
—50	0,7870									
—40	0,8296	0,8253	0,8211	0,8168	0,8126	0,8083	0,8040	0,7998	0,7955	0,7913
—30	0,8722	0,8679	0,8637	0,8594	0,8552	0,8509	0,8466	0,8424	0,8381	0,8339
—20	0,9148	0,9105	0,9063	0,9020	0,8978	0,8935	0,8892	0,8850	0,8807	0,8765
—10	0,9574	0,9531	0,9489	0,9446	0,9404	0,9361	0,9318	0,9278	0,9233	0,9191
0	1,0000	0,9957	0,9915	0,9872	0,9830	0,9787	0,9744	0,9702	0,9659	0,9617

[illegible]

Значения W_t выбирают из данных табл. 9, которые пригедены в наиболее применяемом диапазоне температур.

Со временем характеристики ТС могут измениться вследствие уменьшения сечения проводников (окисления, испарения), а также изменения состава и чистоты металла.

Маркировка по ГОСТ 6651—84, дополнительно к сведениям, содержащим длину монтажной части, степень инерционности (малая, средняя, большая — МИ, СИ, БИ) и т. д. содержит: условное обозначение НСХ; номинальное значение отношения W_{100} (только для ТС с $W_{100} = 1,3850$ или $1,4260$. Если $W_{100} = 1,3910$ или $1,4280$, то оно в маркировке отсутствует); условное обозначение схемы внутренних соединений по ГОСТ 6651—84 (2; 3; 4; 4С); рабочий диапазон измерений.

Дополнительная маркировка наносится в указанной последовательности, например: 100П (А) 1,3850 (3) —200 + 750.

При предмонтажной проверке осуществляют:

внешний осмотр, выявление видимых повреждений арматуры и преобразователя, извлеченного из арматуры;

измерение сопротивления изоляции между чувствительным элементом и корпусом и между отдельными чувствительными элементами. Измерение проводится в лабораторных условиях с помощью мегомметра на 500 В при температуре $20 \pm 5^\circ\text{C}$, относительной влажности окружающего воздуха до 80 %. Сопротивление должно быть не менее 20 МОм; для брызго- и водозащищенных ТС при относительной влажности $96 \pm 3\%$ — не менее 2 МОм. Сопротивление изоляции смонтированных ТС нельзя испытывать при повышенном напряжении. Измерение проводится при помощи мегомметра на 250 В при тех же параметрах окружающего воздуха;

проверку соотношения R_{100}/R_0 проводят путем сравнения показаний проверяемого ТС с образцовым при помощи двойного моста, в плечи которого включен образцовый и проверяемый преобразователи. Уравновешивание моста должно проводиться дважды: первый раз после того, как преобразователи поместили в тающий лед и выдерживали в течение 30 мин, второй раз — после выдерживания преобразователей в течение 30 мин в насыщенных парах кипящей воды. Так как температуры 0 и 100°C в этих условиях не поддерживаются с высокой точностью, соотношение R_{100}/R_0 преобразователей не обязательно должно соответствовать табличным данным, важно, чтобы они были одинаковыми у обоих преобразователей.

Сила тока при этом не должна превышать 5 мкА для устранения погрешности от саморазогрева. При измерениях проводят не менее пяти отсчетов. Погрешность измерения сопротивления не должна превышать 0,02 %.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ (НОРМИРУЮЩИЕ)

Преобразователи типа ПТ-ТС-68 и ПТ-ТП-68

Применяются для получения электрического унифицированного сигнала 0—5 мА, пропорционального изменению температуры. В комплекте их с электропневмопреобразователями можно получить пневматический унифицированный сигнал.

Преобразователи типа ПТ-ТП-68 применяются в комплекте с термоэлектрическими преобразователями, а ПТ-ТС-68 — с термопреобразователями сопротивления.

Предел допускаемой основной погрешности преобразователей — 0,05 мА. Вариация выходного сигнала преобразователей не должна превышать абсолютного значения предела допускаемой погрешности.

При предмонтажной проверке преобразователей определяют их работоспособность и основную погрешность.

Преобразователь ПТ-ТС-68. Для проверки (рис. 1, а) подключают термометр сопротивления (по трехпроводной схеме) той же градуировки (НСХ). Сопротивление проводов не должно превышать 5,0 Ом. Подгонка сопротивления линии к этой величине осуществляется уменьшением сопротивления подгоночных манганиновых катушек R_1 , R_2 и R_3 (в катушке 5,0 Ом). Для

этого необходимо снять катушку с зажимом 1—2, 3—4, 5—6 и отмотать от каждой столько, чтобы оставшаяся часть в сумме с сопротивлением линии была равна $5,0 \text{ Ом} \pm 0,2 \%$.

Сопротивление нагрузки R_H , включая внутреннее сопротивление миллиамперметра и образцовой катушки $R_{0.к}$, должно быть равно $2,5 \text{ кОм}$.

На магазине сопротивлений $R_{т.с}$ следует выставить значение сопротивления, равное нижнему пределу преобразования. Значение сопротивлений

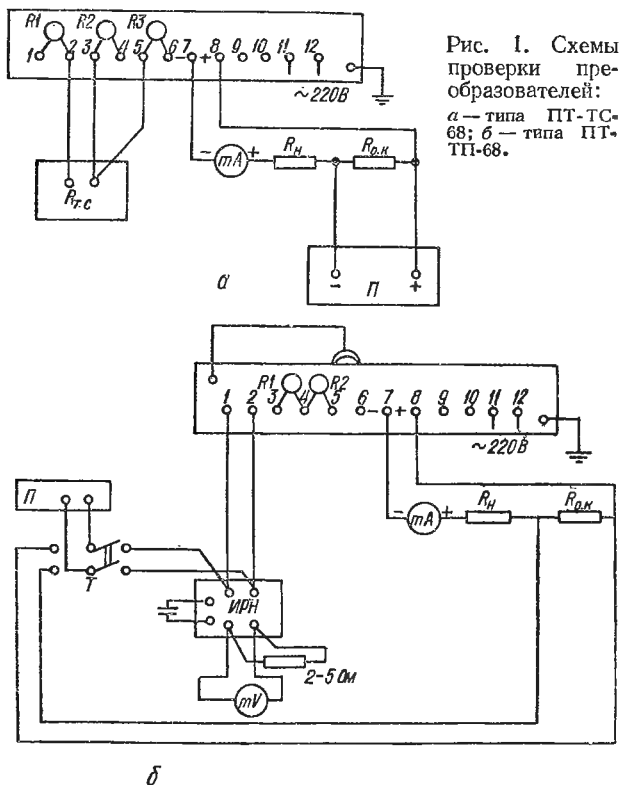


Рис. 1. Схемы проверки преобразователей:
а — типа ПТ-ТС-68; б — типа ПТ-ТП-68.

для различных пределов определяют по методике, изложенной выше в «Термопреобразователи сопротивления». Затем преобразователь прогревают в течение 3 ч.

Основную погрешность определяют при трех значениях выходного сигнала, соответствующих 0; 50 и 100 % от диапазона изменения выходного сигнала, (т. е. 0; 2,5 и 5 мА связи с линейной зависимостью). На магазине сопротивления $R_{т.с}$ устанавливают значения, соответствующие измеряемым точкам выходного сигнала. Величину сопротивления, соответствующую определенному значению выходного сигнала, определяют по формуле

$$R_{т.с} = R_{т.с \text{ нижн}} + \frac{I_d (R_{т.с \text{ верхн}} - R_{т.с \text{ нижн}})}{5},$$

где $R_{т.с}$ — значение сопротивления, соответствующее измеряемой точке выходного сигнала; $R_{т.с \text{ нижн}}$ — значение сопротивления, соответствующее нижнему пределу преобразования; $R_{т.с \text{ верхн}}$ — значение сопротивления, соответствующее верхнему пределу преобразования; I_d — значение выходного тока, мА, измеренное потенциометром.

Основную погрешность в каждой из трех точек, %, определяют по формуле

$$\gamma = [(I_d - I_p)/5] 100,$$

где I_p — расчетные значения выходного сигнала (0; 2,5 и 5 мА). Погрешность в каждой точке не должна превышать 0,05 мА. Если погрешность превышает эту величину, то необходимо уменьшить ее «корректором нуля».

Преобразователь ПТ-ТП-68. Основную погрешность (после 3- часового прогрева) определяют в шести точках, соответствующих 0, 20, 40, 60, 80 и 100 % выходного сигнала.

С помощью источника ИРН (рис. 1, б) устанавливают сигнал в милливольтах, соответствующий 0, 20, 40, 60, 80 и 100 % от диапазона изменения температуры.

Потенциометр Π может быть переключен как для измерения термоЭДС, имитируемой источником ИРН, так и для измерения падения напряжения на образцовой катушке $R_{о.к} = 10$ Ом.

10. Расчетные значения входных и выходных сигналов преобразователя типа ПТ-ТП-68

Температура, °C	$U_{\text{ИРН}}$, мВ	$U_{\text{о.к.}}$, мВ	$I_p = U_{\text{о.к.}}/10$
0	0	0	0
20	1,303	10	1
40	2,658	20	2
60	4,050	30	3
80	5,469	40	4
100	6,898	50	5

Основную погрешность в каждой из шести точек, %, определяют по формуле

$$\gamma = [(I_d - I_p)/5] 100,$$

где I_d — измеренное значение тока на $R_{о.к.}$, $I_d = U_{\text{о.к.}}/10$; I_p — расчетные значения тока, соответствующие расчетным точкам.

Погрешность в каждой точке не должна превышать 0,05 мА. Если она превышает это значение, необходимо уменьшить ее «корректором нуля».

Пример расчетных значений входных и выходных сигналов ПТ-ТП-68 для электрического преобразователя типа ТХК с пределами измерений 0—100 °C приведен в табл. 10.

К преобразователю должны быть подключены термопреобразователи той градуировки, на которую он рассчитан. Подключаются компенсационными проводами так, чтобы сопротивление входных цепей не превышало 75 Ом. Подгонка сопротивления линии к этой величине осуществляется сопротивлением R_1 . Для этого его снимают с клемм 3—4 и отматывают столько, чтобы оставшаяся часть в сумме с сопротивлением линии была 75 ± 2 Ом.

Преобразователи типа Ш78 и Ш79

Преобразователь измерительный Ш78 предназначен для преобразования сигналов термопреобразователей электрических и датчиков напряжения постоянного тока в унифицированный сигнал постоянного тока 0—5 мА или напряжения постоянного тока 0—10 В.

Диапазоны измерения температуры или напряжения постоянного тока, пределы измерения, классы точности и пределы допускаемой основной погрешности приведены в табл. 11.

Преобразователь имеет два режима: «Работа» и «Контроль».

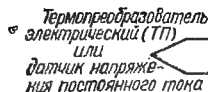
В режиме «Работа» переключки на колодке $X1.1$ замыкают контакты 2—4, 8—10. Источник входного сигнала подключают к контактам 3 и 5 при помощи термоэлектродных проводов. В режиме «Контроль» переключки замыкают контакты 4—6, 6—8 (рис. 2).

При предмонтажной проверке проводятся работы, оговоренные в гл. 9 § 1.

Сопротивление изоляции между электрическими цепями и корпусом и между отдельными электрическими цепями измеряют с помощью мегаметра на 500 В. При температуре воздуха 20 ± 2 °C и относительной влажности

Определение основной погрешности проводится по схеме, приведенной на рис. 3.

Основную погрешность определяют методом сравнения показаний образцового прибора, включенного на выходе преобразователя с расчетным значением выходного сигнала.



XI.1 — колодка; *XP* — вилка.



а — по току; б — по напряжению.

10 МОМ по данным табл. 11) с классом точности не ниже 0,01; V_1 — вольтметр постоянного тока, предел измерений 10 В; V_2 — вольтметр переменного тока, предел измерений 300 В; $R_{\text{бал}}$ — резистор балластный 300 Ом; $R_4, R_5, R_{\text{и}}$ — нагрузочные сопротивления, равные 500 Ом, 1 и 10 кОм соответственно; $R_{\text{обр}} = 1$ кОм образцовый резистор, класс точности не ниже 0,01; $R_{\text{рег}}$ — магазин сопротивлений от 0 до 100 кОм, класс точности не ниже 0,02; $S_1 - S_5$ — переключатели.

10 МОМ по данным табл. 11) с классом точности не ниже 0,01; V_1 — вольтметр постоянного тока, предел измерений 10 В; V_2 — вольтметр переменного тока, предел измерений 300 В; $R_{\text{бал}}$ — резистор балластный 300 Ом; $R_4, R_5, R_{\text{и}}$ — нагрузочные сопротивления, равные 500 Ом, 1 и 10 кОм соответственно; $R_{\text{обр}} = 1$ кОм образцовый резистор, класс точности не ниже 0,01; $R_{\text{рег}}$ — магазин сопротивлений от 0 до 100 кОм, класс точности не ниже 0,02; $S_1 - S_5$ — переключатели.

Граду- ировочная характер- истика	Предел изме- рений, °C	Диапазон из- менения входного сигнала ΔU , мВ	Класс точности	Предел допуска- емой по- греш- ности, %	$U_{вк}$, мВ	R_6 , Ом	
ХК (L)	$-50 \div +50$ $-50 \div +100$	6,460 10,008	1,0	$\pm 1,0$	—7,16	80,2	
	$-50 \div +150$ $-50 \div +200$	13,734 17,680	0,6 0,4	$\pm 0,6$ $\pm 0,4$			
	$0 \div 100$ $0 \div 150$	6,848 10,624	1,0	$\pm 1,0$	4,05	100	
	$0 \div 200$	14,570	0,6	$\pm 0,6$			
	$0-300$ $0-400$ $0-600$ $200-600$ $200-800$	22,880 31,480 49,090 34,520 51,850	0,4	$\pm 0,4$			10,52
	$-200 \div +50$ $0-400$ $0-600$ $0-800$ $0-900$	13,040 16,395 24,902 33,247 37,325			0,6	$\pm 0,6$	13,04
ХА (K)	$0-1100$ $0-1300$	45,108 52,398	0,4	$\pm 0,4$	—2,436	100	
	$200-600$ $200-1200$ $400-900$ $600-1100$ $700-1300$	16,765 40,491 20,930 20,206 23,720			5,701 13,959 22,466 26,692	186,4 275 361,1 413,2	
	ПП (S)	$0-1300$ $0-1600$ $500-1300$ $1000-1600$			13,107 16,685 8,891 7,135	0,4 0,6	$\pm 0,4$ $\pm 0,6$
ВР (A)		$0-1800$ $1000-1800$	26,999 10,863	0,4	$\pm 0,4$	—0,774 15,362	100 654,3
		ПР (B)	$300-1000$ $300-1600$			4,473 10,986	0,6 0,4
			$1000-1600$ $100-1800$	6,513 8,862	0,6 0,4	$\pm 0,6$ $\pm 0,4$	4,916

для проверки преобразователя типа Ш78

$K_{Д1}$	$R_L, \text{кОм}$	$R_{Д1}, \text{МОм}$	Значение коэффициента m					
			0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
			Расчетное значение выходного сигнала, мА (В)					
			0 (0)	1 (2)	2 (4)	3 (6)	4 (8)	5 (10)
			Значение сигнала на входе делителя Д1 в проверяемой точке $U_{Д1}$, В					
1000	10	10	←4,413 —4,413	—3,121 —2,411	—1,829 —0,4098	—0,537 1,5918	0,755 3,593	2,047 5,595
100	1	0,1	—0,4413 —0,4413	—0,1668 —0,0877	—0,1081 0,2659	0,3827 0,6195	0,6574 0,9731	0,9321 1,3267
1000	10	10	—1,303	0,0766	1,4562	2,8358	4,215	5,505
100	1	0,1	—0,1303	0,0822	0,2947	0,5072	0,7191	0,9321
			—0,1303	0,1611	0,4525	0,7439	1,0353	1,3267
			—0,1303	0,3273	0,7849	1,2425	1,7001	2,1577
			0,1303	0,4993	1,1289	1,7585	2,3881	3,0177
			0,1313	0,8515	1,8333	2,8151	3,7969	4,7787
		1,3267	2,0171	2,7075	3,3979	4,0883	4,7787	
		1,3267	2,3637	2,4007	4,4377	5,7747	6,5117	
		—1,0993	—0,8385	—0,5777	—0,3169	—0,0561	0,2047	
		—0,0798	0,2481	0,576	0,9039	1,2318	1,5597	
		—0,0798	0,4182	0,9163	0,4143	1,9124	2,4104	
		—0,0798	0,5857	1,2513	1,9168	2,5824	3,2479	
		—0,0798	0,6667	1,4132	2,1597	2,9062	3,6527	
		—0,0798	0,8224	1,7245	2,6967	3,5288	4,4351	
		0,0798	0,9683	2,0161	3,0641	4,112	5,160	
		0,7339	1,0692	1,4045	1,7398	2,0751	2,4104	
		0,7339	1,5477	2,3615	3,1754	3,9892	4,8030	
		1,5597	1,9783	2,3969	2,8155	3,3408	3,6527	
2,4104	3,8145	3,2186	3,6228	4,0269	4,4310			
2,8330	3,2984	3,4638	4,2292	4,6948	5,160			
100	1	0,1	—0,0113 —0,0113 0,4103 0,9437	0,2508 0,3224 0,5881 1,0864	0,5130 0,6561 0,7659 1,2291	0,7751 0,9898 0,944 1,3718	1,0373 1,3235 1,1216 1,5145	1,2494 1,6572 1,6994 1,6572
100	1	0,1	—0,250 1,5886	0,5150 1,8059	1,0550 2,0231	1,5949 0,2404	2,1349 2,4576	2,6749 2,6749
1000	10	10	0,443 0,0443	1,3350 0,2640	2,2322 0,4837	3,1268 0,7035	4,021 0,9232	4,916 1,1429
100	1	0,1	0,4916 0,4916	0,6219 0,6688	0,7521 0,8461	0,6824 1,0233	1,0126 1,2006	1,1429 1,3778

Основную погрешность, %, можно определить по формуле

$$\gamma = (A_d - A_p) 100 / (A_k - A_n),$$

где $(A_d - A_p)$ и $(A_k - A_n)$ — действительное, расчетное значения и диапазон изменения выходного сигнала, мА (В).

При проверке преобразователей, предназначенных для работы с термопреобразователями типов ТХК, ТХА, ТПП, ТВР, на колодке Х1.1 между контактами 8—10 устанавливают перемычку, к контактам 1 и 4 подключают магазин сопротивлений R3, сопротивление которого равно сопротивлению медного резистора при температуре окружающего воздуха 20 °С. В качестве медного резистора в преобразователе используется термопреобразователь сопротивления, сопротивление которого при 20 °С равно 108,563 Ом.

При проверке преобразователей, предназначенных для работы с термопреобразователями типа ТПР или датчиками напряжения постоянного тока, в которых медный резистор отсутствует, магазин R3 не включают, между контактами 2—4, 8—10 колодки Х1.1 устанавливают перемычку.

Входной сигнал преобразователя снимают с нижнего плеча Д1 ($U_{вх}$). Выходной сигнал измеряют на R_n с выходом по напряжению, или на $R_{обр}$ для преобразователя с выходом по току.

Основную погрешность определяют в шести точках диапазона изменения входного сигнала (0, 20, 40, 60, 80, 100 %). Значение сигнала, подаваемого на вход делителя Д1 ($U_{Д1}$) в проверяемых точках, определяют по формуле

$$U_{Д1} = U_{вх} K_{Д1},$$

где $U_{вх}$ — входной сигнал преобразователя, мВ; $K_{Д1}$ — коэффициент деления делителя Д1.

Входной сигнал в проверяемых точках для преобразователей, работающих с датчиками постоянного тока,

$$U_{вх} = m \Delta U,$$

где m — коэффициент, определяющий отношение расчетного значения входного сигнала в проверяемой точке к нормирующему значению выходного сигнала (табл. 11); ΔU — диапазон измерения преобразователя, мВ.

Входной сигнал в проверяемых точках для преобразователей, работающих с термопреобразователями,

$$U_{вх} = E_n - E_{20} + m (E_k - E_n),$$

где E_n , E_k , E_{20} — значения термо-ЭДС при температуре рабочего конца, термопреобразователя, равные нижнему, верхнему пределу измерений и 20 °С соответственно, мВ.

Величины коэффициента деления ($K_{Д1}$) делителя Д1, R_1 , $R_{ш}$ и $U_{вых.р}$ находим по табл. 11.

Основную погрешность для преобразователей с выходом по току и напряжению, %, определяют по формулам соответственно:

$$\gamma = \frac{J_{вых.р} R_{обр} - U_{вых}}{R_{обр} (I_k - I_n)} 100;$$

$$\gamma = \frac{U_{вых.р} - U_{вых}}{U_k - U_n} 100,$$

где $U_{вых}$ — величина выходного напряжения, измеренного прибором VI при установке переключателя S3 в положение «Выход», В; $J_{вых.р}$ и $U_{вых.р}$ — расчетные значения выходного сигнала (см. табл. 11); $(I_k - I_n)$; $(U_k - U_n)$ — диапазоны изменения выходного сигнала, равные 5 мА и 10 В соответственно.

Величину пульсации основного сигнала определяют измерением составляющей выходного сигнала с помощью осциллографа при значениях выходного сигнала не менее 80 % диапазона изменения.

Предел допускаемой вариации выходного сигнала ИП не должен превышать 0,2 предела допускаемой основной погрешности.

Проверка контроля исправности проводится по схеме рис. 3 при переключении преобразователя в режим «Контроль» (контакты 4—6, 6—8 колодки X1.1 замкнуты перемычками). При этом выходной сигнал преобразователя на приборе VI при установке переключателя S3 в положение «Выход» должен быть равен верхнему диапазону изменения выходного сигнала с погрешностью, не превышающей двойного значения предела допускаемой погрешности.

Если при предмонтажной проверке или контроле исправности преобразователя не удовлетворяет соответствующим требованиям (см. табл. 11), то необходимо произвести настройку.

Настройка преобразователей, работающих с термоэлектрическими преобразователями, состоит из следующих видов настройки: нуля; коэффициента усиления; баланса измерительного моста.

Последовательность настройки следующая. Включить преобразователь в схему (см. рис. 3). Контакты 8—10 колодки X1.1 замыкают перемычкой. Отключают входной сигнал при помощи переключателя S1. Сопротивление магазина R3 устанавливают равным значению R_6 по данным табл. 11. Регулируют нуль преобразователя, для этого потенциометром R54 ($\triangleright U \triangleleft$ на панели) устанавливают показания прибора VI, равные «0,000 В». Регулируют тракт усиления преобразователя, для чего на вход делителя Д1 (см. рис. 3) подают напряжение, равное произведению $\Delta U1 \cdot K_{Д1}$. Значения $\Delta U1$ и $K_{Д1}$ приведены в табл. 11. Потенциометром R50 преобразователя устанавливают показания прибора VI, равные «10,000 В» для преобразователей с выходом по току.

Настройка моста для преобразователей, работающих с термопреобразователями всех градуировок, кроме ПР 30/6, проводится в следующей последовательности.

Устанавливают сопротивление магазина R3 равным сопротивлению медного резистора при 60 °С 125,68 Ом. Затем подают на вход делителя Д1 напряжение, равное произведению $U_{вх} \cdot K_{Д1}$ (см. табл. 11), и потенциометром R9, регулирующим ток моста, устанавливают показания прибора VI, равные «0,000 В». Устанавливают сопротивление магазина R3 равным сопротивлению медного резистора при 20 °С (108,56 Ом) и подают на вход делителя Д1 напряжение, соответствующее напряжению поверочной точки при $t = 0$ (см. табл. 11), далее потенциометром R54 преобразователя устанавливают показания прибора VI, равные «0,000 В».

Для преобразователей, работающих с термоэлектрическими преобразователями градуировки ПР 30/6, настройка моста проводится в следующей последовательности.

Отключают магазин сопротивления R3 от преобразователя и устанавливают перемычку между контактами 2—4 колодки X1.1, после чего подают на вход делителя Д1 напряжение, соответствующее напряжению поверочной точки при $t = 0$ (см. табл. 11), и потенциометром R9 устанавливают показания прибора VI, равные «0,000 В».

При настройке преобразователей, работающих с датчиком напряжения, устанавливают перемычки между контактами 2—4, 8—10. Отключают магазин сопротивлений R3. Проводят регулировку нуля и регулировку усиления тракта для работы с термоэлектрическими преобразователями. Затем настраивают мост в режиме «Контроль». Устанавливают перемычки между контактами 4—6, 6—8 колодки X1.1 и потенциометром R9 устанавливают показания прибора VI, равные «10,000 В» для преобразователей с выходом по напряжению или «5,000 В» — с выходом по току.

Если указанными способами не удается настроить преобразователь, он подлежит ремонту.

Преобразователь типа Ш79 предназначен для преобразования сигналов термопреобразователей сопротивления типов ТСМ и ТСР в унифицированный сигнал постоянного тока 0—5 мА или напряжение постоянного тока 0—10 В.

12. Технические данные и данные для проверки преобразователя типа Ш79

Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразователя	Предел измерений, °С		Сопротивление термопреобразователя, соответствующее пределам измерения		Диапазон изменения сопротивления термопреобразователя ΔR , Ом	Класс точности	Предел допускаемой основной погрешности, %	Значение коэффициента m					
								0	02	04	06	08	1,0
	Расчетное значение выходного сигнала в проверяемой точке, мА(В)												
	0 (0)	1 (2)	2 (4)	3 (6)				4 (8)	5 (10)				
Значение сопротивления, устанавливаемое на магазине сопротивления R_I в проверяемой точке, Ом													
10 П	0	300	10	21,38	11,38	0,4	$\pm 0,4$	10	12,28	14,56	16,83	19,10	21,38
	0	400	10	24,94	14,94			10	12,99	15,98	18,77	21,95	24,94
	0	500	10	28,38	18,38			10	13,77	17,45	21,12	24,70	28,38
	0	650	10	33,31	23,31			10	14,60	19,32	23,98	28,65	33,31
	300	650	21,38	33,31	11,93			21,38	23,77	26,16	28,54	30,92	33,31
	—200	—70	8,65	35,94	27,29			8,65	14,11	19,57	25,03	30,48	35,94
	—120	30	26,68	55,93	30,25			25,68	31,73	36,87	42,00	49,88	55,93
	—70	180	35,94	84,77	48,83			35,94	45,71	55,48	65,24	75,00	84,77
50 П	0	100	50,00	69,66	19,56	0,4	$\pm 0,4$	50,00	53,91	57,83	61,73	65,65	69,66
	0	150	50,00	79,11	29,11			50,00	55,82	61,64	67,46	73,29	79,11
	0	200	50,00	88,52	38,52			50,00	57,70	65,40	73,11	80,82	88,52
		300	50,00	106,89	56,89			50,00	61,38	72,76	84,14	95,51	106,89
		400	50,00	124,68	74,69			50,00	64,94	79,88	94,81	109,74	124,68
		500	50,00	141,88	91,88			50,00	68,38	86,76	105,13	123,50	142,88
	200	500	88,52	141,88	53,36			88,52	99,19	109,86	120,53	131,21	141,88
	—200	50	17,31	113,71	102,4			17,31	37,79	58,27	78,75	99,23	119,71
	—200	—70	17,31	71,88	54,57			17,31	28,22	39,13	50,05	60,97	71,88
	—120	30	51,36	111,86	60,502			51,36	63,46	75,56	87,66	99,76	111,86
	—90	50	63,72	119,71	55,984			63,72	74,92	86,12	97,31	108,51	119,71
	—70	180	71,88	169,54	97,661			71,88	91,42	110,95	130,48	150,01	169,54
	—25	25	90,03	109,89	19,961			90,03	94,00	97,97	101,94	105,92	109,89

100 П	0	50	100,00	119,71	19,708	0,6	$\pm 0,6$	100,00	103,94	107,88	111,82	115,77	119,71
	0	100	100,00	139,11	39,113			100,00	107,82	115,64	123,46	131,29	139,11
	0	150	100,00	158,22	58,221			100,00	111,64	123,28	134,93	146,58	158,22
	0	200	100,00	177,03	77,033	0,4	$\pm 0,4$	100,00	115,41	130,82	146,22	161,63	177,03
	0	300	100,00	213,78	113,799			100,00	122,76	145,52	168,27	191,02	213,78
	0	400	100,00	249,36	149,358			100,00	129,87	159,74	189,61	219,49	249,36
	0	500	100,00	283,76	183,760			100,00	136,75	173,50	210,25	247,01	283,76
	200	500	177,03	283,76	106,727			177,03	198,38	214,67	236,02	262,41	283,76
	-50	0	39,24	50,00	10,76			39,24	41,39	43,54	45,09	47,85	50,00
	-50	50	39,24	60,70	21,462			39,24	43,53	47,82	52,11	56,41	60,70
	-50	100	39,24	71,40	32,16			39,24	45,67	77,83	81,83	64,97	71,40
50 M	0	50	50,00	60,70	10,702	0,6	$\pm 0,6$	50,00	52,14	54,28	56,42	58,56	60,70
	0	100	50,00	71,40	21,4			50,00	54,28	58,56	62,84	67,12	71,40
	0	150	50,00	82,10	32,10	0,4	$\pm 0,4$	50,00	56,42	62,84	69,26	75,68	82,10
	0	180	50,00	88,51	38,513			50,00	57,70	65,40	73,10	80,81	88,51
	50	100	60,70	71,40	10,702	0,6	$\pm 0,6$	60,70	62,84	64,98	67,12	69,26	71,40
100 M	-50	0	78,48	100,00	21,52	0,4	$\pm 0,4$	78,48	82,78	87,08	91,39	95,70	100,00
	-50	50	78,48	121,40	42,92			78,48	87,06	95,64	104,25	112,82	121,40
	-50	100	78,48	142,8	64,32			78,48	91,34	104,20	117,07	129,94	142,8
	-25	25	89,27	110,70	21,43	0,4	$\pm 0,4$	89,27	93,56	97,85	102,13	106,42	110,70
	0	25	100,00	110,70	10,70			100,00	102,14	104,28	106,42	108,56	110,70
	0	50	100,00	121,40	21,40			100,00	104,28	108,56	112,84	117,12	121,40
	0	100	100,00	142,80	42,8	0,6	$\pm 0,6$	100,00	108,56	117,72	125,68	134,24	142,80
	0	150	100,00	164,19	64,19			100,00	112,84	125,67	138,52	151,35	164,19
	50	100	121,40	142,80	21,40			121,40	125,68	129,69	134,10	138,52	142,80
	0	180	100,00	171,03	77,03	0,6	$\pm 0,6$	100,00	115,41	153,92	169,32	161,62	177,03

Технические данные и данные для проверки преобразователей приведены в табл. 12.

Преобразователь работает в двух режимах: «Работа», «Контроль». В режиме «Работа» термопреобразователь сопротивления подключают к контактам 1—3—5 колодки X1.1 в режиме «Контроль» контакты 2—4, 6—8 колодки X1.1 замкнуты переключателями (рис. 4).

Соединение термопреобразователя сопротивления с преобразователем осуществляется по трехпроводной линии связи. Точная подгонка сопротивления каждой линии до заданной величины 10 Ом проводится при помощи резисторов R52, R54, R55, расположенных на задней панели преобразователя.

При предмонтажной проверке проводится тот же перечень работ, что и при проверке преобразователя типа Ш78. Схема для определения основной погрешности преобразователя приведена на рис. 5.

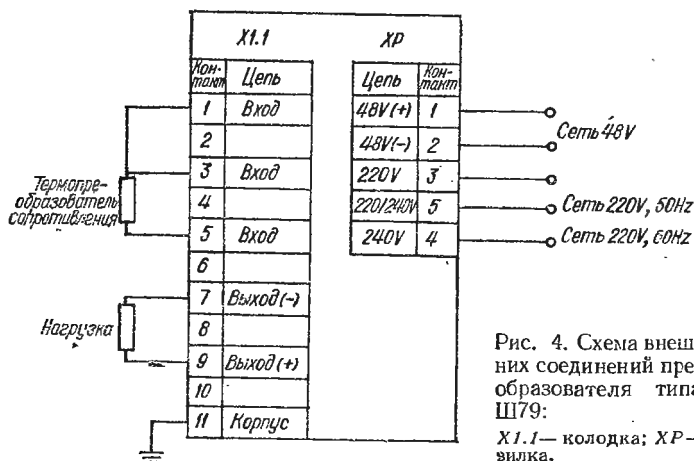


Рис. 4. Схема внешних соединений преобразователя типа Ш79:

X1.1—колодка; XP—вилка.

При проверке контакты 1—2; 3—4; 5—6 колодки X1.1 замкнуты переключателями.

Основную погрешность определяют по тем же формулам, что и у преобразователя типа Ш78. Входной сигнал устанавливают при помощи магазина сопротивлений R1. Измерение выходного сигнала проводят на R_н для преобразователей с выходом по напряжению или на R_{обр} для преобразователей с выходом по току.

Основную погрешность определяют в шести точках диапазона изменения выходного сигнала (0, 20, 40, 60, 80, 100 %). Расчетные значения выходного сигнала в проверяемых точках и значения сопротивления термопреобразователя в тех же точках, которые устанавливают на магазине R1, приведены в табл. 12. Значения сопротивлений термопреобразователя в проверяемых точках определяют по формуле

$$R_{т.с} = R_{т.сн} + m\Delta R,$$

где m — коэффициент, определяющий отношение расчетного значения к диапазону изменений выходного сигнала; ΔR — диапазон измерения сопротивления термопреобразователя (табл. 12), определяемый разностью верхнего ($R_{т.сК}$) и нижнего ($R_{т.сн}$) пределов измерений, Ом.

Величину пульсации выходного сигнала определяют измерением переменной составляющей выходного сигнала осциллографом при трех значениях выходного сигнала, составляющих не менее 80 % диапазона изменений.

Значение сопротивления R1 приведено в табл. 12 при $m = 0,8$.

В процессе измерений контакты 1—2, 3—4, 5—6 колодки X1.1 замкнуты переключателем.

Предел допускаемой вариации выходного сигнала преобразователя не должен превышать 0,2 предела допускаемой основной погрешности.

Проверку контроля исправности проводят по схеме рис. 5. Для этого преобразователь переключают в режим «Контроль» (контакты 2—4, 6—8 замкнуты перемычками). Значение выходного сигнала $V1$ должно быть равно пределу диапазона изменения выходного сигнала с погрешностью, не превышающей двойного значения предела допускаемой основной погрешности (см. табл. 12).

Для настройки преобразователя замыкают перемычками контакты 1—2, 3—4, 5—6 колодки $X1.1$ (см. рис. 5). Устанавливают значение сопротивления

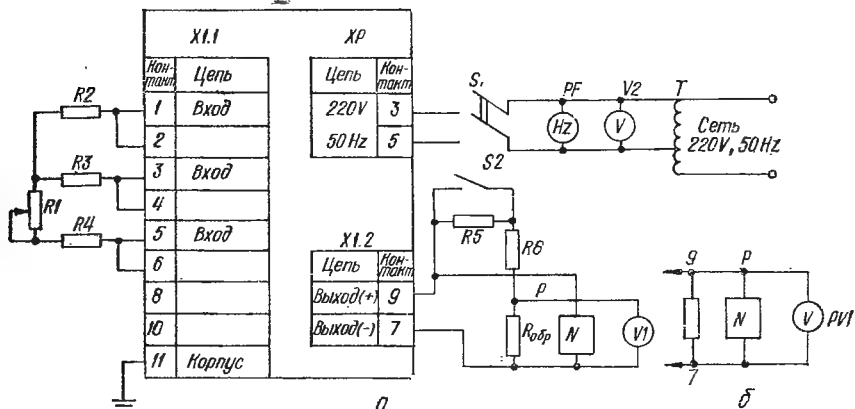


Рис. 5. Схема для определения основной погрешности преобразователя типа Ш79:

а — с выходом по току; б — с выходом по напряжению; $X1.1$, $X1.2$ — колодки; XP — вилка.

Элементы схемы и их номиналы:

P — осциллограф, предел измерения от 1 до 200 мВ; $V1$, $V2$ — вольтметры постоянного тока, предел измерений соответственно 10 и 300 В; $R1$ — магазин сопротивлений от 10 до 200 Ом, класс точности не ниже 0,02; $R2$, $R3$, $R4$ — резисторы 10 Ом с погрешностью не более 0,01%; $R5$, $R6$, R_n — сопротивления нагрузки соответственно 500 Ом, 1 кОм и 10 кОм; $R_{обр}$ — образцовый резистор 1 кОм, класс точности не ниже 0,01; $S1$ и $S2$ — переключатели.

магазина $R1$ равным сопротивлению нижнего предела измерений термопреобразователя при значении $m = 0$. Затем потенциометром $R56$ устанавливают показания прибора $V1$ равным «0,000 В», после чего устанавливают на $R1$ значение верхнего предела измерения при значении $m = 1$.

С помощью потенциометров $R9$ и $R50$ устанавливают показания прибора $V1$ равным «10,000 В» для преобразователей с выходом по напряжению и «5,000 В» — для преобразователей с выходом по току. После настройки определяют основную погрешность. Если она выходит за допустимые пределы, преобразователь подлежит ремонту.

ПЕРВИЧНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДАВЛЕНИЯ

По принципу действия измерительные преобразователи подразделяют на жидкостные и деформационные.

В жидкостных преобразователях измеряемое давление уравнивается массой столба жидкости. По этому принципу работают V-образные стеклянные и чашечные манометры, микроманометры, кольцевые, колокольные и поплавковые манометры и дифманометры.

В деформационных преобразователях измеряемое давление уравновешивается силами упругой деформации чувствительного элемента мембраны, сильфона или пружины.

Преобразователи для измерения избыточного давления называются мансметрами и напоромерами, вакуумметрического — вакууммерами и тягомерами; избыточного и вакуумметрического — мановакууммерами и тягонапоромерами, разности (перепада) давлений — дифференциальными манометрами.

Для передачи показаний измерительных преобразователей на расстояние в них устанавливаются промежуточные нормирующие электрические и пневматические преобразователи.

Деформационные преобразователи

В деформационных преобразователях перемещение под действием измеряемого давления упругого чувствительного элемента (мембраны, сильфона, одно- или многовитковой пружины) преобразуется через передаточные механизмы (секторный или рычажный) в перемещение указателя.

Наиболее распространены пружинные манометры технические и образцовые. Промышленностью выпускаются технические манометры типов: МТП (кл. точности 2,5; 4),

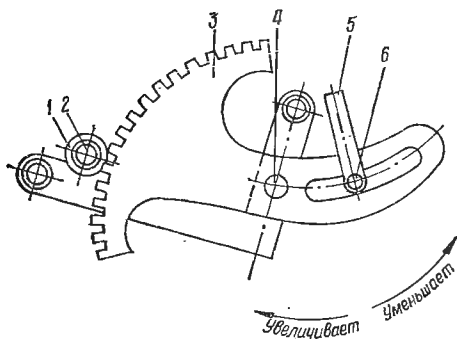


Рис. 6. Измерительный механизм пружинного манометра:

1 — спиральная пружина; 2 — трубка; 3 — сектор; 4 — ось сектора; 5 — поводок; 6 — ползушка.

МТИ (кл. точности 0,6; 1), ОБМ и МОШ (кл. точности 0,6; 1), МПЗ и МП4, образцовые типа МО (кл. точности 0,4).

Предельные номинальные значения измеряемого давления манометров: 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600; 1000; 1600 кгс/см².

Проверку пружинных технических манометров осуществляют с помощью прессы и образцового манометра, либо грузопоршневым манометром, сравнением показаний проверяемого и образцового приборов при плавном повышении и понижении подаваемого давления. Манометр считается исправным, если абсолютная погрешность не превышает допускаемую, а вариация — удвоенную допускаемую погрешность.

Настройку «нуля» манометра осуществляют смещением указателя на нуль при снятом давлении на пружину (для технических манометров), либо винтом, расположенным на обратной стороне корпуса (для образцовых манометров). Настройку диапазона осуществляют перемещением поводка по пазу зубчатого сектора (рис. 6).

Методика проверки и ремонта, характерные неисправности манометров достаточно подробно описаны в работах [16; 20; 21].

Преобразователи типа МП

Преобразователи типа МП являются средствами измерения с унифицированным токовым выходным сигналом; предназначены для дистанционного измерения избыточного и вакуумметрического давления и могут быть использованы в системах автоматического контроля, управления и регулирования различных технологических процессов.

Преобразователи используют во взрывобезопасных помещениях. Основная погрешность преобразователей $\pm 0,6; 1; 1,5\%$ (для вакуумметров —

$\pm 1; 1,5 \%$). Вариация выходного сигнала преобразователей не превышает абсолютное значение допускаемой погрешности.

Питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 36 В, частотой 50 Гц. Выходным сигналом преобразователей является сигнал постоянного тока 0—5 мА, связанный с измеряемым давлением зависимостями, приведенными в табл. 13.

Принцип действия преобразователя основан на использовании деформации упругого чувствительного элемента при воздействии на него измеряемого давления.

13. Зависимости между входными и выходными сигналами преобразователей типа МП

Преобразователь	Расчетное значение выходного сигнала, мА
Манометр	$I_p = \frac{P_{\text{и}}}{P_{\text{изб. макс}}} I_{\text{пр}}$
Вакуумметр	$I_p = \frac{P_{\text{и}}}{P_{\text{вак. макс}}} I_{\text{пр}}$
Мановакуумметр: при измерении избыточного давления	$I_p = \frac{P_{\text{вак. макс}} + P_{\text{и}}}{P_{\text{вак. макс}} + P_{\text{изб. макс}}}$
при измерении вакуумметрического давления	$I_p = \frac{P_{\text{вак. макс}} - P_{\text{и}}}{P_{\text{вак. макс}} + P_{\text{изб. макс}}}$

Примечание. Здесь приняты следующие обозначения: I_p — расчетное значение выходного сигнала, мА; $I_{\text{пр}}$ — верхнее предельное значение выходного сигнала, мА; $P_{\text{и}}$ — измеряемое избыточное или вакуумметрическое давление, МПа (кгс/см^2); $P_{\text{вак. макс}}$ — верхний предел измерений вакуумметрического давления, МПа (кгс/см^2); $P_{\text{изб. макс}}$ — верхний предел измерений избыточного давления, МПа (кгс/см^2).

На катушки. На стенке корпуса 7 расположен силовой трансформатор 6 (Тр2). На первичную обмотку катушки подается напряжение прямоугольной формы частотой 800 Гц с усилителя, собранного на базе микросборки Э1 типа К2ДП2 частного применения (рис. 8). Напряжение со вторичной измерительной обмотки дифтрансформаторного преобразователя, пропорциональное перемещению сердечника, а следовательно, и измеряемому давлению, преобразуется микросборкой Э1 в сигнал постоянного тока. Питание усилителя осуществляется от сети переменного тока через силовой трансформатор Тр2. В выпрямителе используются диодные матрицы Э2 и Э3 и фильтрующие конденсаторы С1 и С2. Стабилизаторы Д3, Д4 и Д5 входят в состав параметрического стабилизатора питания усилителя. Стабилизаторы Д1 и Д2 служат для стабилизации амплитуды прямоугольных импульсов генератора. Резистор R4 предназначен для коррекции температурной погрешности преобразователя. Динистр Д6 введен в схему для стабильного запуска генератора. Установка начального и верхнего предельного значений выходного сигнала осуществляется переменными резисторами соответственно R1 и R2.

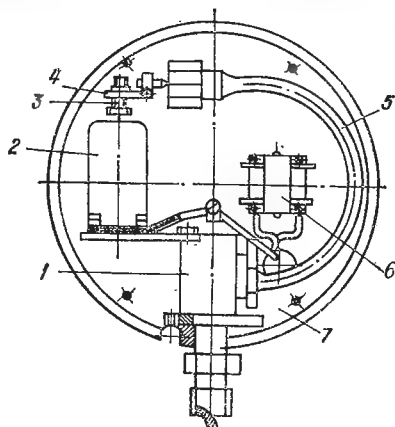


Рис. 7. Принципиальная схема преобразователя типа МП.

В преобразователях типа МП (рис. 7) измерительный блок состоит из манометрической пружины 5, закрепленной вместе с катушкой 2 дифтрансформаторного преобразователя Тр1. Давление в манометрическую пружину подается через штуцер держателя 1.

При изменении измеряемого давления конец пружины перемещается, это перемещение через наконечник 4 передается жестко связанному с ним сердечнику 3 дифтрансформаторной

Соединительные линии от места отбора давления к преобразователю прокладываются по кратчайшему расстоянию, однако длина должна быть такой, чтобы температура среды, поступающей в преобразователь, не превышала 60 °С. При измерении давления жидких сред соединительные линии должны быть тщательно заполнены жидкостью. Для прокладки линий связи рекомендуется применять кабели с номинальным сечением жилы от 0,75 до 1,5 мм² и наружным диаметром до 16 мм.

Предмонтажная проверка преобразователя типа МП включает: внешний осмотр, проверку и установку «нуля» и верхнего значения выходного сигнала,

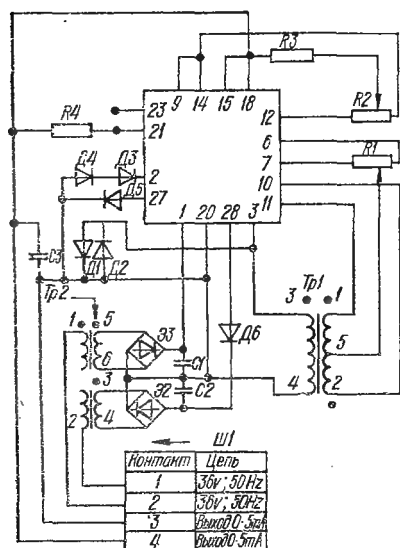


Рис. 8. Принципиальная электрическая схема преобразователя типа МП.

проверку основной погрешности и вариации выходного сигнала.

Перед выполнением проверок и регулировок преобразователь выдерживают при включенном электропитании ($36 \pm 0,072$) В не менее 45 мин при температуре окружающего воздуха (20 ± 5) °С и влажности от 30 до 80 %.

Установку «нуля» и верхнего диапазона измерения выходного сигнала производят корректорами $R1$ и $R2$ после подачи на вход преобразователя входного сигнала, соответствующего нижнему и верхнему значениям диапазона измерения. Если установить начальное значение выходного сигнала резистором $R1$ не удастся, то «нуль» устанавливают перемещением сердечника. Для этого ось резистора $R1$ устанавливают в среднее положение и, ослабив крепежную гайку, перемещают сердечник в дифтрансформаторной катушке, следя за показаниями миллиамперметра или вольтметра (табл. 14, 15).

Проверку преобразователя проводят при плавно возрастающем давлении, ватом, после выдержки на верхнем пределе измерений не менее 5 мин, — при плавно убывающем давлении (прямым и обратным ходе).

14. Расчетные значения выходного сигнала для манометров и вакуумметров типа МП

Верхний предел измерений избыточного давления, %	Значения выходного сигнала		
	Ток мА,	Напряжение на сопротивлении, В	
		200 Ом	2 кОм
0	0	0	0
25	1,25	0,25	2,5
50	2,5	0,5	5,0
75	3,75	0,75	7,5
100	5,0	1,0	10,0

15. Расчетные значения выходного сигнала для мановакуумметров типа МП

Верхний предел измерений избыточного давления, МПа (кгс/см ²)	Значения выходного сигнала при нулевом значении измеряемого давления		
	Ток, мА	Напряжение на сопротивлении, В	
		200 Ом	2 кОм
0,06 (0,6)	3,125	0,625	6,25
0,15 (1,5)	2,0	0,4	4,0
0,3 (3)	1,25	0,25	2,5
0,5 (5)	0,833	0,1666	1,666
0,9 (9)	0,5	0,1	1,0
1,5 (15)	0,3125	0,0625	0,625
2,4 (24)	0,2	0,04	0,4

Основную приведенную погрешность и вариацию определяют следующими способами:

а) по образцовому прибору устанавливают избыточные или вакуумметрические давления в соответствии со значениями, приведенными в табл. 14, и 15, и по миллиамперметру постоянного тока измеряют выходной сигнал при сопротивлении нагрузки в пределах от 0 до 2,5 кОм.

Основную приведенную погрешность преобразователя, в процентах, определяют по отклонению выходного сигнала от расчетного при прямом и обратном ходе (соответственно γ' и γ''):

$$\gamma' = (I'_d - I_p) 100/I_{пр}; \quad \gamma'' = (I''_d - I_p) 100/I_{пр},$$

где I'_d , I''_d — отсчитанное по миллиамперметру значение тока при проверяемом значении давления соответственно при прямом и обратном ходе, мА; $I_{пр}$, I_p — обозначения, принятые в таблице.

Вариацию определяют по формуле

$$B = (I'_d - I''_d) 100/I_{пр};$$

б) по образцовому прибору устанавливают избыточные или вакуумметрические давления в соответствии с приведенными в табл. 14 и 15 и измеряют

16. Основные неисправности преобразователей типа МП

Неисправность	Причина	Способ устранения
Преобразователь не реагирует на изменение давления	Засорена соединительная линия	Продуть соединительную линию
	Нет напряжения питания	Проверить наличие напряжения на контактах 1—2 кабельной части разъема. Устранить обрыв цепи
	Не работает приемник информации	Проверить приемник информации и устранить неисправность в линии связи
	Обрыв цепи питания усилителя	Проверить наличие переменного напряжения на контактах 1—2 трансформаторов, которое должно быть 36 В. При отсутствии указанного напряжения устранить обрыв в цепи питания
	При наличии постоянного напряжения на конденсаторах С1 и С2 и отсутствии прямоугольных импульсов на Tr1 (4—3) произошел обрыв обмотки дифференциального трансформатора	Заменить катушку дифференциального трансформатора
Погрешность преобразователя превышает допускаемую	При наличии прямоугольных импульсов на Tr1 (4—3) обрыв в выходной цепи или измерительной обмотке дифференциального трансформатора	Проверить исправность цепи между контактами Ш1 3—4 и печатной платой. При наличии связи заменить катушку дифференциального трансформатора, при отсутствии — устранить обрыв
	Старение упругого чувствительного элемента	Произвести корректировку «нуля» и диапазона

падения напряжения на эталонном сопротивлении с помощью вольтметра. Эталонное сопротивление принимают равным 200 Ом или 2 кОм для получения предельного выходного сигнала $U_{пр}$, соответственно равного 1 или 10 В.

Основную приведенную погрешность, в процентах, определяют по формуле

$$\gamma' = (U'_д - U_p) 100/U_{пр}, \quad \gamma'' = (U''_д - U_p) 100/U_{пр},$$

где $U'_д$, $U''_д$ — отсчитанные по вольтметру падения напряжений на эталонном сопротивлении соответственно при прямом и обратном ходе, В; U_p расчетное значение падения напряжения на эталонном сопротивлении, В.

Вариацию, в процентах, определяют по формуле

$$B = (U'_д - U''_д) 100/U_{пр}.$$

Основные неисправности преобразователей давления типа МП приведены в табл. 16.

Преобразователи измерительные типа «Сапфир-22»

Преобразователи измерительные «Сапфир-22» предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование значения измеряемого параметра — давления избыточного, абсолютного, гидростатического, разрежения, разности давлений нейтральных и агрессивных сред в унифицированный сигнал дистанционной передачи: 0—5; 0—20; 4—20 мА постоянного тока. Преобразователи работают со вторичной регистрирующей и показывающей аппаратурой (приборы с токовым входным унифицированным сигналом), регуляторами, машинами централизованного контроля и системами управления, воспринимающими унифицированный токовый сигнал.

Промышленностью выпускаются преобразователи следующих наименований:

- «Сапфир-22 ДА» — преобразователь измерительный абсолютного давления (верхние пределы от 2,5 кПа до 16 МПа);
- «Сапфир-22 ДИ» — то же, избыточного давления (верхние пределы от 0,06 кПа до 100 МПа);
- «Сапфир-22 ДД» — то же, разности давлений (верхние пределы от 0,06 кПа до 16 МПа);
- «Сапфир-22 ДВ» — то же, разрежения (верхние пределы от 0,25 до 100 кПа);
- «Сапфир-22 ДИВ» — то же, давления — разрежения (верхние пределы от —0,125—0 —0,125 кПа до —0,1 —0—2,4 МПа);
- «Сапфир-22 ДГ» — то же, гидростатического давления (верхние пределы от 2,5 до 250 кПа).

Основная погрешность преобразователей типа «Сапфир-22» зависит от модели и верхнего предела измерений и составляет $\pm 0,25$; 0,5 и 1 %. Вариация не превышает абсолютного значения допускаемой основной погрешности. Зона нечувствительности преобразователей не превышает 0,05 % от диапазона измерений.

Преобразователи типа «Сапфир-22 ДД» могут иметь линейно убывающую или линейно возрастающую характеристику выходного сигнала (линейную по перепаду и нелинейную по расходу) — в зависимости от заказа, а остальные преобразователи — линейно возрастающую характеристику выходного сигнала. Зависимость между выходным сигналом и измеряемым параметром определяется по данным, приведенным в табл. 17.

Значения выходного сигнала, соответствующие нижнему предельному значению измеряемого параметра, приведены в табл. 18.

Электрическое питание преобразователей осуществляется от источника питания постоянного тока напряжением $(36 \pm 0,72)$ В. Сопротивление изоляции источника питания должно быть не менее 40 МОм, он должен вы-

17. Зависимости между входными и выходными сигналами преобразователей типа «Сапфир-22»

Преобразователь	Расчетное значение выходного сигнала I_p , мА
С возрастающей характеристикой выходного сигнала 0—5 или 0—20 мА, кроме преобразователей типа «Сапфир-22 ДИВ»	$I_p = \frac{P_n}{P_{\max}} I_{\max}$
«Сапфир-22 ДИВ» с возрастающей характеристикой выходного сигнала 0—5 или 0—20 мА: при измерении избыточного давления	$I_p = \frac{P_{\text{разр. макс}} + P_n}{P_{\text{разр. макс}} + P_{\text{изб. макс}}} I_{\max}$
при измерении разрежения	$I_p = \frac{P_{\text{разр. макс}} - P_n}{P_{\text{разр. макс}} + P_{\text{изб. макс}}} I_{\max}$
С возрастающей характеристикой выходного сигнала 4—20 мА, кроме преобразователей «Сапфир-22 ДИВ»	$I_p = \frac{P_n}{P_{\max}} (I_{\max} - I_{\min}) + I_{\min}$
«Сапфир-22 ДИВ» с характеристикой выходного сигнала 4—20 мА: при измерении избыточного давления	$I_p = \frac{P_{\text{разр. макс}} + P_n}{P_{\text{разр. макс}} + P_{\text{разр. мин}}} \times (I_{\max} - I_{\min}) + I_{\min}$
при измерении разрежения	$I_p = \frac{P_{\text{разр. макс}} - P_n}{P_{\text{разр. макс}} + P_{\text{разр. мин}}} \times (I_{\max} - I_{\min}) + I_{\min}$
«Сапфир-22 ДД» с убывающей характеристикой выходного сигнала, мА: 5—0 или 20—0	$I_p = \frac{P_{\max} - P_n}{P_{\max}} I_{\max}$
20—4	$I_p = I_{\min} + \left(1 - \frac{P_n}{P_{\max}}\right) (I_{\max} - I_{\min})$

Примечание. Здесь приняты следующие обозначения: I_p — расчетное значение выходного сигнала, соответствующее измеряемому давлению или перепаду давления: кПа; МПа; кгс/см²; кгс/м²; $I_{\max}$ — наибольшее предельное значение выходного сигнала, мА; $I_{\min}$ — наименьшее предельное значение выходного сигнала, мА; P_n — значение измеряемого давления или перепада давления в тех же единицах, что и $P_{\text{изб. макс}}$, $P_{\text{разр. макс}}$; $P_{\max}$; $P_{\max}$ — верхний предел измерения абсолютного или избыточного давлений, разрежения, перепада давления: кПа; МПа; кгс/см², кгс/м²; $P_{\text{разр. макс}}$ — верхний предел измерений разрежения: кПа; МПа; кгс/см²; кгс/м²; $P_{\text{изб. макс}}$ — верхний предел измерений избыточного давления: кПа; МПа; кгс/см²; кгс/м².

держивать испытательное напряжение при проверке электрической прочности изоляции 1,5 кВ. В качестве источника питания к преобразователям рекомендуется использовать блок питания 22БП-36 ТУ25-02720159—81.

Нагрузочное сопротивление R_n к преобразователям с предельными значениями выходного сигнала составляет: 0...5 мА — от 0,2 до 2,5 кОм; 0...20 или 4...20 мА — от 0,1 до 1,0 кОм.

18. Выходные сигналы преобразователя типа «Сапфир-22» при нижнем предельном значении измеряемого параметра

Преобразователь	Выходной сигнал, соответствующий нижнему предельному значению измеряемого параметра, мА			
	Предельные значения выходного сигнала, мА			
	0—20	4—20	0—5	
«Сапфир-22 ДА», «Сапфир-22 ДИ» «Сапфир-22 ДВ», «Сапфир-22 ДГ»	0	4	0	
«Сапфир-22 ДИВ» с равными по абсолютному значению верхними пределами измерения избыточного давления и разрежения	10	12	2,5	
«Сапфир-22 ДИВ» с верхними пределами измерения избыточного давления				
кПа (кгс/м ²)	МПа (кгс/см ²)			
60	(0,6)	12,5	14,0	3,125
150	(1,5)	8,0	10,4	2,0
—	0,3 (3,0)	5,0	8,0	1,25
—	0,5 (5,0)	3,333	6,6	0,833
—	0,9 (9,0)	2,0	5,6	0,5
—	1,5 (15,0)	1,25	5,0	0,312
—	2,4 (24)	0,8	4,64	0,2
«Сапфир-22 ДД» с возрастающей характеристикой выходного сигнала	0	4	0	
«Сапфир-22 ДД» с убывающей характеристикой выходного сигнала	20	20	5	

Примечание. У преобразователей типа «Сапфир-22 ДИВ» значение выходного сигнала, соответствующее верхнему пределу измерений разрежения, мА, равно: 0 — для преобразователей с предельными значениями выходного сигнала 0—5; 0—20 мА; 4 — для преобразователей с предельными значениями выходного сигнала 4—20 мА.

Нагрузочные сопротивления R_n могут быть включены несколькими способами: к клеммам 5—6 самого преобразователя (питание от БП к клеммам 1—2); в разрыв провода питания к клемме 1 преобразователя (клеммы 5—6 закорачиваются); к клеммам блока питания (клеммы 8—10; 16—18; 24—26; 7—9; 15—17; 23—25).

Каждый преобразователь имеет регулировку диапазона измерений и может быть настроен на любой верхний предел измерений, предусмотренный для данной модели, а также перенастроен на смещенный диапазон измерений с установкой начального предельного значения выходного сигнала («нуля»).

Схема преобразователей типа «Сапфир-22 ДИ» и «Сапфир-22 ДИВ» (модели 2150, 2160, 2170 и 2350) приведена на рис. 9.

Мембранный тензопреобразователь 3 размещен внутри основания 9. Внутренняя полость 4 тензопреобразователя заполнена кремнийорганической жидкостью и отделена от измеряемой среды металлической гофрированной мембраной 6, приваренной по наружному контуру к основанию 9. Полость 10 сообщена с окружающей атмосферой. Измеряемое давление пода-

ется в камеру 7 фланца 5, который уплотнен прокладкой 8. Измеряемое давление воздействует на мембрану 6 и через жидкость воздействует на мембрану тензопреобразователя, вызывая ее прогиб и изменение сопротивления тензорезисторов. Электрический сигнал от тензопреобразователя передается в измерительный блок 1 по проводам через гермовывод 2.

Чувствительным элементом тензопреобразователя является пластина из монокристаллического сапфира с кремниевыми пленочными тензорезисторами, прочно соединенная с металлической мембраной тензопреобразователя.

В преобразователях типа «Сапфир-22 ДА» моделей 2050 и 2060 полость 10 вакуумирована и герметизирована,

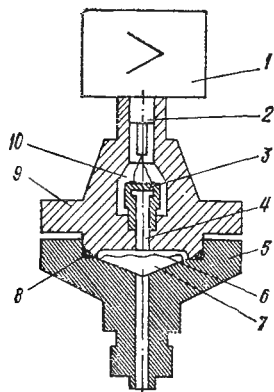


Рис. 9. Принципиальная схема преобразователя типа «Сапфир-22 ДИ».

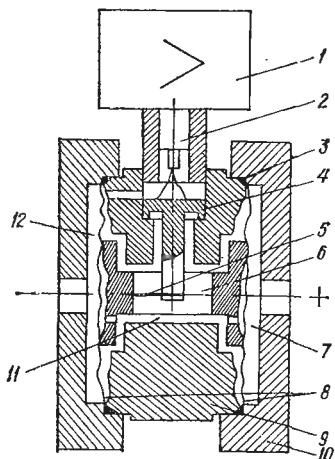


Рис. 10. Принципиальная схема преобразователя типа «Сапфир-22 ДД».

Схема преобразователей типа «Сапфир-22 ДД» (модели 2410, 2420, 2430, 2434, 2440, 2444) приведена на рис. 10.

Тензопреобразователь 4 мембрано-рычажного типа размещен внутри основания 9 в замкнутой полости 11, заполненной кремнийорганической жидкостью, и отделен от измеряемой среды металлическими гофрированными мембранами 8. Мембраны приварены по наружному контуру к основанию 9 и соединены между собой центральным штоком 6, который связан с концом рычага тензопреобразователя 4 с помощью тяги 5. Фланцы 10 уплотнены прокладками 3. Большее давление подается в камеру 7, меньшее — в камеру 12. Под воздействием измеряемой разности давлений мембраны 8 прогибаются, что вызывает прогиб мембраны тензопреобразователя 4 и изменение сопротивления тензорезисторов. Электрический сигнал от тензопреобразователя передается в электронное устройство 1 по проводам через гермовывод 2.

В преобразователях типа «Сапфир-22 ДИ» (модели 2110, 2120, 2130, 2140), типа «Сапфир-22 ДИБ» (модели 2310, 2320, 2330, 2340) камера 12 сообщена с атмосферой. В преобразователях типа «Сапфир-22 ДВ» измеряемое давление подается в камеру 12, а камера 7 сообщена с атмосферой.

В преобразователях типа «Сапфир-22 ДГ» (модели 2520, 2530, 2440) установлен фланец с «открытой» мембраной для монтажа непосредственно на технологической емкости.

Схемы установки преобразователей типа «Сапфир-22 ДГ», используемых для измерения уровня в открытых или закрытых емкостях, приведены на рис. 11. Преобразователи, используемые в системах контроля или регулирования уровня, монтируются непосредственно на стенке технологической емкости (рис. 11, а). При измерении уровня в емкости, находящейся под дав-

лением, рекомендуется в линии подвода давления к минусовой камере преобразователя 1 устанавливать отстойный сосуд 2 (рис. 11, б). Диапазон измерения уровня выбирается равным ($h_{\max} - h_{\min_1}$) или ($h_{\max} - h_{\min_2}$), в последнем случае участок диапазона, равный ($h_{\min_1} - h_{\min_2}$), является нерабочим.

В электронном блоке преобразователей «Сапфир-22» имеются корректоры для плавной регулировки «Диапазона» и «Нуля» выходного сигнала, а также переключки для ступенчатого смещения и изменения направления смещения «Нуля», а также ступенчатой настройки диапазона выходного сигнала.

Преобразователи этого типа нельзя устанавливать во взрывоопасных помещениях. Соединительные трубки от места отбора давления к преобразователю должны быть проложены по кратчайшему расстоянию, однако их длина должна обеспечить равенство температуры среды, поступающей в преобразователь, и окружающего воздуха. Рекомендуемое расстояние не более 15 м. Соединительные линии должны иметь односторонний уклон (не менее

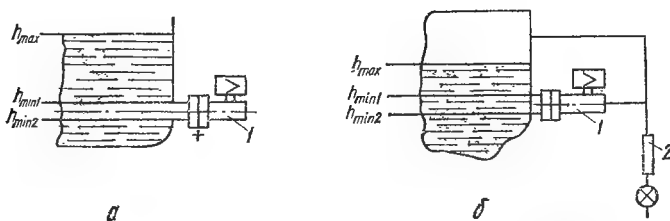


Рис. 11. Схема установки преобразователя типа «Сапфир-22ДГ» при измерении уровней:

а — в открытом резервуаре; б — в сосуде под давлением.

1 : 10) от места отбора давления вверх к преобразователю, если измеряемая среда — газ, и вниз, если измеряемая среда — жидкость. Если это невозможно, при измерении давления или разности давлений газа в нижних точках соединительной линии следует устанавливать отстойные сосуды, а при измерении давления или разности давлений жидкости в наивысших точках — газосборники.

Линии связи преобразователя с электронным блоком рекомендуется выполнять контрольными кабелями с резиновой или пластмассовой изоляцией, а также кабелями для сигнализации и блокировки с полиэтиленовой изоляцией сечением жилы 0,75—1,5 мм².

В качестве сигнальных цепей и цепей питания преобразователя могут быть использованы изолированные жилы одного кабеля, при этом сопротивление изоляции должно быть не менее 50 МОм. Экранировка цепей выходного сигнала от цепей питания преобразователя не требуется.

Предмонтажная проверка и регулировка преобразователей «Сапфир-22» включает: внешний осмотр, определение герметичности, опробование, определение основной погрешности и вариации.

Проверку преобразователя проводят при температуре окружающего воздуха (23 ± 2 °С), влажности от 30 до 80 %, давлении от 84 до 106,7 кПа, напряжении питания ($36 \pm 0,72$). В постоянного тока после выдержки в указанных условиях в течение 3 ч.

К преобразователю должны быть подключены нагрузочные сопротивления: (500 ± 50) Ом — для преобразователей с диапазоном выходных сигналов 0—20; 4—20 мА; (1200 ± 50) Ом — для преобразователей с диапазоном выходного сигнала 0—5 мА.

Перед проведением проверки следует проверить герметичность системы, состоящей из соединительных линий и образцовых приборов, давлением, равным верхнему пределу измерений давлений или разности давлений проверяемого прибора.

При определении герметичности систему отключают от устройства, создающего давление. Систему считают герметичной, если после

3-минутной выдержки под давлением, равным верхнему пределу измерений, в течение последующих 2 мин в ней не наблюдается падения давления.

При опробовании проверяют работоспособность преобразователя и функционирование корректора нуля.

Изменяя измеряемое давление от нижнего предельного значения до верхнего, наблюдают за изменением выходного сигнала по показаниям миллиамперметра постоянного тока класса точности 0,1 или 0,2 с верхним пределом измерений 30 мА.

Функционирование корректора нуля проверяют, задавая одно любое значение измеряемого давления. Поворачивая корректор поочередно по

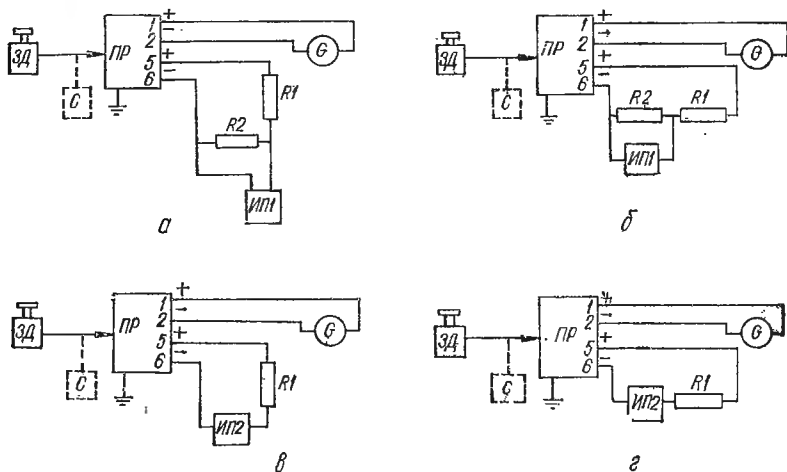


Рис. 12. Схема подключения приборов для измерения входного давления и выходного сигнала при проведении проверки по первому способу:

ПР — преобразователь «Сапфир-22»; Г — источник питания постоянного тока (например, Б 5-8, 22 БП-36); R_1 — резистор МЛТ или магазин сопротивлений РЗЗ; R_2 — магазин сопротивлений Р4831 или образцовая катушка сопротивления Р363; ИП1 — вольтметр цифровой (например, Ц1516) или потенциометр Р363; ИП2 — миллиамперметр (например, Ц31); ЗД — образцовый датчик давления; С — дополнительная емкость от 1 до 50 я; а — с выходным сигналом 0—5 и 0—20 мА при его измерении по падению напряжения на сопротивлении; б — то же, с выходным сигналом 4—20 мА; в — с выходным сигналом 0—5 и 0—20 мА при его измерении, мА; г — то же, с выходным сигналом 4—20 мА.

и против часовой стрелки, наблюдают за изменением выходного сигнала — при этом должно меняться его направление.

Основную погрешность и вариацию определяют следующими способами:

а) по образцовому прибору на входе преобразователя устанавливают измеряемый параметр, равный номинальному, а по другому образцовому прибору измеряют выходной сигнал преобразователя;

б) по образцовому прибору на выходе преобразователя устанавливают расчетное значение выходного сигнала (см. табл. 17), соответствующее номинальному значению измеряемого параметра, а по другому образцовому прибору измеряют действительное значение измеряемого параметра;

в) сравнивают выходные сигналы проверяемого и образцового преобразователей.

Схема подключения приборов для измерения входного давления и выходного сигнала при проведении проверки по первому способу приведена на рис. 12.

Значения выходного сигнала и его отклонений определяют непосредственно в миллиамперах по показаниям миллиамперметра ИП2 или милливольтах по падению напряжения (ИП1) на образцовом сопротивлении. Рас-

четные значения выходного сигнала, выраженные в миллиамперах, определяют по формуле, приведенной в табл. 17,

$$U_p = I_p R_2,$$

где U_p — расчетное значение выходного сигнала, мВ.

Основную погрешность определяют не менее чем на пяти значениях измеряемой величины, равномерно распределенных в диапазоне, в том числе при значениях, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям выходного сигнала. Для каждой проверяемой отметки погрешность определяется дважды — при подходе к ней слева и при подходе справа (при прямом и обратном ходе). Перед проверкой при обратном ходе преобразователь выдерживают в течение 5 мин при верхнем предельном значении измеряемого параметра. При проверке по первому способу основную приведенную погрешность определяют в процентах по формуле

$$\gamma = (I_d - I_p) 100 / (I_{\max} - I_{\min})$$

или

$$\gamma = (U_d - U_p) 100 / (U_{\max} - U_{\min}),$$

где I_d — действительные значения выходного сигнала по току, мА; U_d — то же, по напряжению, мВ; $I_{\max}$, $I_{\min}$ — соответственно верхнее предельное значение выходного сигнала по току, мА; $U_{\max}$, $U_{\min}$ — то же, по напряжению, мВ.

Вариация выходного сигнала, %,

$$B = (I'_d - I''_d) 100 / (I_{\max} - I_{\min})$$

или

$$B = (U'_d - U''_d) 100 / (U_{\max} - U_{\min}),$$

где I'_d , I''_d — действительные значения выходного сигнала на одной и той же точке при измерении на выходе тока соответственно при прямом и обратном ходе, мА; U'_d , U''_d — то же, при измерении на выходе падения напряжения на образцовом сопротивлении соответственно при прямом и обратном ходе, мВ.

Подготовка и включение преобразователя «Сапфир-22» в работу проводится следующим образом. Подключают питание к прибору и через 30 мин проверяют и, при необходимости, с помощью элементов настройки «Нуля» (рис. 13), устанавливают в соответствии с данными табл. 18 значение выходного сигнала преобразователя, соответствующее нижнему значению измеряемого параметра. Контроль значения выходного сигнала производится с помощью миллиамперметра постоянного тока (с падением напряжения на нем не более 0,1 В), подключаемого к клеммам 3 и 4 электронного преобразователя. Установка значения выходного сигнала должна проводиться после подачи и сброса измеряемого параметра, составляющего 80—100 % верхнего предела измерений.

Включение в работу преобразователя «Сапфир-22» с вентильным блоком проводится в следующей последовательности: закрывают оба вентиля, открывают запорную арматуру, установленную на технологическом оборудовании как в «плюсовой», так и в «минусовой» линиях. Затем плавным поворотом рукоятки вентиля «плюсовой камеры» уравнивают давление в камерах, проверяют и корректируют выходной сигнал, после чего плавно открывают вентиль «плюсовой» камеры.

Преобразователи требуют периодической продувки камер и слива конденсата в следующем порядке: закрывают оба вентиля вентильного блока, плавным поворотом рукоятки вентиля «плюсовой» камеры уравнивают давление в камерах, затем открывают ввернутые в пробки игольчатые клапаны, расположенные на фланцах измерительных блоков и продувают или сливают конденсат (продувать импульсные линии через преобразователь не разрешается), закрывают игольчатые клапаны и включают преобразователь в работу.

19. Положение элементов ступенчатой настройки (перемычек) при перенастройке преобразователя типа «Сапфир-22»

Значение смещения «Нуля» выходного сигнала, %, от наибольшего диапазона измерений модели	Положение перемычки 4	Положение перемычки 1					Положение перемычек 2 и 3 для преобразователей с возрастающей характеристикой выходного сигнала
		Значение требуемого диапазона измерений, %, от наибольшего диапазона измерений модели					
		100	63	40	25	16	
От (-10) до (+7)	1	6	6 или 5	5 или 4	4 или 3	3 или 2	AA и BB
» 7 » 24	2	6	6 » 5	5 » 4	4 » 3	3 » 2	
» 24 » 41	3	—	6 » 5	5 » 4	4 » 3	3 » 2	
» 41 » 58	4	—	—	5 » 4	4 » 3	3 » 2	
» 58 » 75	5	—	—	—	4 » 3	3 » 2	
» 75 » 90	6	—	—	—	—	3 » 2	
От (-10) до (-27)	2	6	6 или 5	5 или 4	4 или 3	3 или 2	AB и AB
» (-27) » (-44)	3	6	6 » 5	5 » 4	4 » 3	3 » 2	
» (-44) » (-61)	4	6	6 » 5	5 » »	4 » 3	3 » 2	
» (-61) » (-78)	5	6	6 » 5	5 » »	4 » 3	3 » 2	
» (-78) » (-100)	6	6	6 » 5	5 » 4	4 » 3	3 » 2	

20. Основные неисправности преобразователя типа «Сапфир-22»

Неисправность	Причина	Способ устранения
Выходной сигнал отсутствует	Обрыв в линии нагрузки или в линии связи с источником питания	Найти и устранить обрыв
Выходной сигнал нестабилен, погрешность преобразователя превышает допускаемую	Нарушена герметичность: в линии подвода давления сальникового уплотнения вентиля преобразователя типа «Сапфир-22 ДД» уплотнения монтажного фланца или ниппеля преобразователя уплотнения фланца измерительного блока преобразователя пробки фланца измерительного блока преобразователя окислены контактные поверхности перемычек переключателей «нуля» или диапазона	Найти и устранить негерметичность Подтянуть сальник вентиля или заменить на новый, взятый из ремонтного ЗИПа Заменить уплотнительное кольцо или прокладку на новые, взятые из комплекта монтажной части Заменить уплотнительное кольцо на новое, взятое из ремонтного ЗИПа Подтянуть пробку или заменить на новую, взятую из ремонтного ЗИПа Отключить питание. Снять крышку, записать положение перемычки, снять перемычку, зачистить контактные площадки на перемычках и местах их укрепления. Поставить перемычку и крышку на место. Включить питание. Установить «нуль» с помощью корректора «нуля»

Перенастройка на другой диапазон измерения и смещение «Нуля» проводится с помощью элементов ступенчатой и плавной настроек — переключек 1—4 (рис. 13) и корректоров электронного блока. Ориентировочные положения переключек приведены в табл. 19. Перестановка переключек проводится при отключенном преобразователе в процессе перенастройки на другой диапазон или после ремонта.

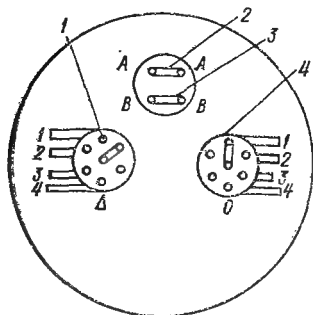


Рис. 13. Элементы ступенчатой настройки преобразователя типа «Сапфир-22».

Проверка технического состояния преобразователя «Сапфир-22» проводится не реже одного раза в два года, а также после ремонта или перенастройки на другой диапазон измерений.

Техническое обслуживание преобразователя заключается, в основном, в периодической проверке и, при необходимости, корректировке «Нуля» преобразователя, в сливе конденсата или удалении воздуха из рабочих камер. Необходимо следить, чтобы трубки соединительных линий и вентили не засорялись и были герметичны. В них не должно быть пробок жидкости или газа (при измерении давления соответственно газа или жидкости). С этой целью трубки рекомендуется периодически продувать, не допуская при этом перегрузки преобразователя.

Основные неисправности преобразователей «Сапфир-22» и методы их устранения приведены в табл. 20.

Преобразователи пневматические с силовой компенсацией ГСП

Преобразователи давления измерительные с пневматическим выходным сигналом входят в общий комплекс унифицированной системы взаимозаменяемых компенсационных преобразователей ГСП. Преобразователи (табл. 21) предназначены для непрерывного преобразования давления (абсолютного, избыточного или вакуумметрического) в пропорциональный стандартный пневматический сигнал дистанционной передачи в диапазоне 0,02—0,1 МПа (0,2—1 кгс/см²) и используются в комплекте со вторичными приборами, регуляторами и другими устройствами автоматики, машинами централизованного контроля и управления.

Конструктивно они состоят из двух блоков: измерительного и пневмодвигательного преобразователей. Принцип действия измерительных преобразователей основан на пневматической силовой компенсации (рис. 14, а—д). Усилие, развиваемое измеряемым параметром P_x на чувствительном элементе 10, воздействует на Т-образный рычаг 1, что вызывает перемещение связанной с ним заслонки 7 относительно сопла 6. Изменение давления в линии сопла вызывает изменение давлений на входе усилителя мощности 5, выходе преобразователя и сильфоне обратной связи 4. Усилие, создаваемое выходным давлением в сильфоне через передаточный механизм, уравновешивает усилие, создаваемое измеряемым параметром на чувствительном элементе. В пневмодвигательном преобразователе имеется корректор нуля 2, предназначенный для установки требуемого значения выходного сигнала. Корректировка диапазона измерения осуществляется перемещением подвижной опоры 11 на Г-образном рычаге 3. В демпфере 9 используется кремнийорганическая жидкость марки ПМС вязкостью от 15 000 до 30 000 ст, допускается использование демпферного масла марки ДС-1. Измерительные блоки преобразователей унифицированы и зачастую отличаются друг от друга только размерами или расположением чувствительного элемента.

Предмонтажная проверка измерительного преобразователя включает: внешний осмотр, определение основной погрешности и вариации.

Перед определением основной погрешности проверяют и, в случае необходимости, устанавливают значение выходного сигнала.

21. Типы и диапазоны измерений преобразователей пневматических с силовой компенсацией ГСП

Преобразователь	Тип	Верхний предел измерений		Класс точности	Преобразователь	Тип	Верхний предел измерений		Класс точности
		Избыточное давление	Вакуумметрическое давление				Избыточное давление	Вакуумметрическое давление	
Напоромер сильфонный (кгс/см²)	НС-П1	40 63	— —	1	Тягомер сильфонный (кгс/м²)	ТС-П1	— —	40 63	1
		100 160	— —	0,5; 1			— —	100 160	0,5; 1
	НС-П2	250 400 630	— — —	0,5; 1		ТС-П2	— — — —	250 400 630 1000	0,5; 1
		НС-П3	1000	—			0,6; 1	ТС-П3	— —
Манометр сильфонный (кгс/см²)	МС-П1	0,4	—	0,6; 1	Тягонапоромер сильфонный	ТНС-П1	— — —		1600 2500 4000
		0,6 1 1,6 2,5 4	— — — — —	0,4; 0,6; 1			ТНС-П2	20 31,5	20 31,5
		МС-П2	6	—		0,6; 1		50 80	50 80
	10 16 25		— — —	0,4; 0,6; 1		125 200 315	125 200 315	0,5; 1	
Манометр пружинный (кгс/см²)	МП-П2	40 60 100	— — —	0,5; 1	ТПС-П3	500 800	500 800	0,6; 1	
		160 250 400	— — —	0,5; 1		1250 2000	1250 2000	0,4; 0,6; 1	
	МП-П3	600 1000	— —	0,5; 1	МВС-П1	0,6 1,5 3	1 1 1	0,4; 0,6; 1 0,6; 1	
		МП-П4	600 1000	— —		0,5; 1	5	1	0,6; 1
					МВС-П2	9 15 24	1 1 1	0,4; 0,6 1	

ла преобразователя при нулевом или начальном значении измеряемого давления (табл. 22).

Затем преобразователи проверяют при значениях измеряемого давления, соответствующих нижнему предельному, трем-четырем промежуточным и верхнему предельному значениям выходного сигнала при прямом и обратном ходе (плавном увеличении и уменьшении входного давления). Контроль

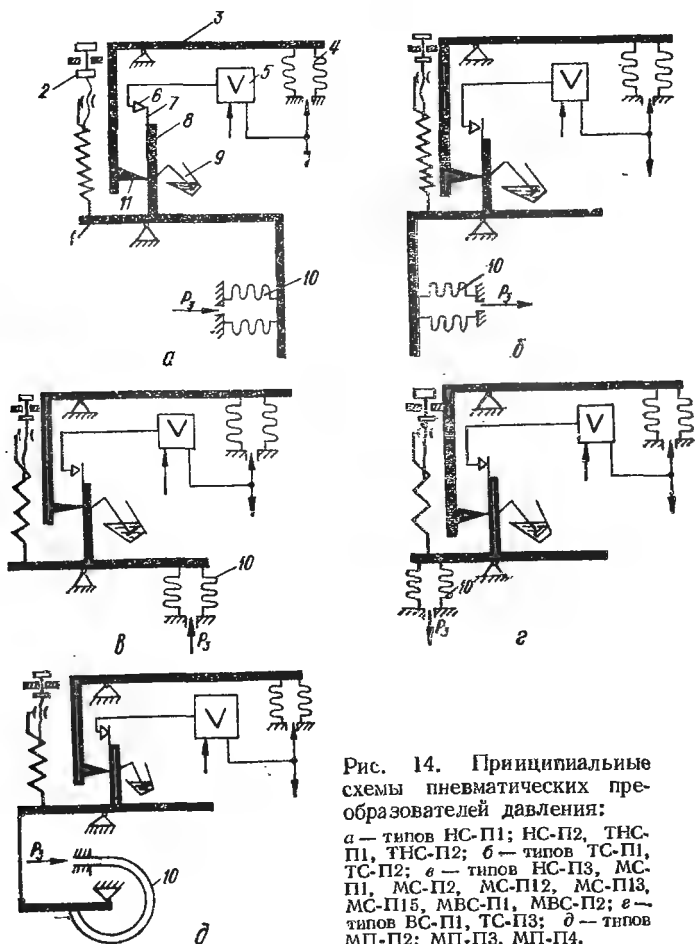


Рис. 14. Принципиальные схемы пневматических преобразователей давления:

а — типов НС-П1; НС-П2, ТНС-П1, ТНС-П2; б — типов ТС-П1, ТС-П2; в — типов НС-П3, МС-П1, МС-П2, МС-П12, МС-П13, МС-П15, МВС-П1, МВС-П2; г — типов ВС-П1, ТС-П3; д — типов МП-П2; МП-П3, МП-П4.

входного и выходного давлений должен осуществляться образцовыми приборами, контроль давления питания — техническим.

Перед проверкой при обратном ходе преобразователь выдерживают в течение 5 мин под действием давления, соответствующего верхнему предельному значению выходного сигнала.

Преобразователи с верхним пределом измерений менее 5 кгс/см² проверяют только с помощью пневматического давления.

Основную приведенную погрешность преобразователя, %, определяют по отклонению выходного сигнала от расчетного при прямом и обратном ходе (соответственно γ' и γ''):

$$\gamma' = (P'_d - P_p) 100 / (P_{\max} - P_{\min});$$

$$\gamma'' = (P''_d - P_p) 100 / (P_{\max} - P_{\min}).$$

где P'_d и P''_d — действительные значения выходного сигнала, соответствующие проверяемому значению измеряемого давления и определенные по показаниям образцового прибора (соответственно при прямом и обратном ходе), кгс/см²; P_p — расчетное значение выходного сигнала, соответствующее проверяемому значению измеряемого давления, кгс/см²; ($P_{\max} - P_{\min}$) — диапазон изменения выходного сигнала 0,8 кгс/см².

При необходимости перенастройки на другой диапазон или в случае ремонта преобразователи подвергают тарировке.

Тарировка осуществляется в следующем порядке.

Снимают кожух, устанавливают корректором «нуля» значение выходного сигнала преобразователя, соответствующее нулевому или начальному значению измеряемого давления (табл. 22), после чего проводят грубую настройку диапазона измерений, для чего увеличивают измеряемое давление до верхнего предела измерений, а при необходимости регулируют, перемещая узел подвижной опоры (вверх, если максимальное значение выходного сигнала установилось ранее, чем входной сигнал достиг значения соответствующего верхнему пределу диапазона измерений, и наоборот). Эта настройка проводится с точностью до 3 % от диапазона изменения выходного сигнала. Далее проводят точную настройку диапазона поворотом кольца подвижной опоры, для чего предварительно чуть ослабляют крепежный винт. Поворот кольца рекомендуют осуществлять при давлении, соответствующем выходному сигналу 0,2 кгс/см². Затем корректором нуля вновь устанавливают значение выходного сигнала 0,2 кгс/см². Поворот кольца на 60° соответствует изменению диапазона измерений примерно на 0,5 %.

При техническом обслуживании измерительных преобразователей давления периодически проверяют и при необходимости корректируют значения выходного сигнала, соответствующего нулевому или начальному значению измеряемого давления. Необходимо следить за тем, чтобы трубки соединительных линий и вентили не засорились и были герметичны. В трубках и вентилеях не должно быть пробок, для этого их необходимо периодически продувать. Основные неисправности измерительных преобразователей давления с пневматическим выходным сигналом приведены в табл. 23.

22. Расчетные значения выходного сигнала пневматических преобразователей ГСП

Преобразователь	Значение выходного сигнала при нулевом или начальном значении измеряемого давления	
	кгс/см ²	мм рт. ст.
Манометр, вакуумметр, напоромер, тягомер	0,200	147,6
Тягонапоромер	0,600	442,9
Мановакуумметры с верхними пределами измерений избыточного давления, кгс/см ² :		
0,6	0,700	516,7
1,5	0,520	383,9
3	0,400	295,2
5	0,333	245,8
9	0,280	206,7
15	0,250	184,5
24	0,232	171,3

ПЕРВИЧНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ УРОВНЯ

Первичные измерительные преобразователи уровня условно подразделяют: на механические, к которым относятся поплавковые и буйковые уровнемеры; гидростатические, использующие зависимость между уровнем и гидростатическим давлением, оказываемым столбом жидкости на стенки сосуда и измеряемым дифференциальным манометром; пьезометрические, определяющие уровень по изменению давления сжатого воздуха, продуваемого через

23. Основные неисправности пневматических преобразователей ГСП

Неисправность	Причина	Способ устранения
Выходной сигнал равен нулю	Оборвана или засорена линия питания, соединительные линии, засорены фильтр или дроссели реле	Устранить обрыв или засорение, прочистить, продуть или сменить фильтр или дроссель
Значения выходного сигнала завышены	Засорено сопло или имеется небольшое отверстие дросселя пневмореле, нарушен диапазон настройки	Прочистить сопло иглой. Завернуть дроссель. Отрегулировать диапазон настройки
Значения выходного сигнала занижены. Выходной сигнал нестабилен	Засорен дроссель пневмореле	Вывернуть дроссельный винт и прочистить капиллярную трубку дросселя иглой, а затем поставить дроссельный винт на место
Не удастся установить значение выходного сигнала, соответствующее нулевому или начальному значению измеряемого давления	То же, что отмечается во второй и третьей неисправностях, ослабление крепления пружины коректора нуля	Прочистить дроссель или сопло, проверить крепление пружины
Выходной сигнал нестабилен	Затирание демпфера	Проверить визуально зазор между поршнем и стаканом демпфера, установить поршень таким образом, чтобы зазор со всех сторон был одинаковым и при постоянном входном давлении и повороте стакана в пределах одного оборота выходной сигнал устанавливался на одно и то же значение
	Некачественное крепление деталей измерительного блока и преобразователя	Подтянуть все крепежные винты и болты
	Образование в каналах пневмосистемы конденсата	Обеспечить качественные показатели питающего воздуха в соответствии с требованиями ГОСТ 11882—72 и ГОСТ 17443—80
Значительные автоколебания выходного сигнала	Неправильная регулировка демпфера	Отрегулировать демпфер, заворачивая или отворачивая стакан демпфера на два-три оборота
	Неисправность пневмореле	Заменить пневмореле

слой жидкости; ультразвуковые (акустические), использующие свойство отражения ультразвуковых колебаний от границы раздела двух сред; электрические, определяющие уровень по изменению электрической проводимости (или емкости) контролируемой среды; весовые, определяющие уровень по изменению давления на чувствительный элемент, оказываемого массой контролируемой среды (тензометрические, мембранные, весовые уровнемеры и т. д.); фотоэлектрические и радиоизотопные, сигнализирующие достижение требуемого значения уровня в момент пересечения им светового потока или потока радиоактивных частиц от излучателя к приемнику.

Сигнализаторы уровня типа СУС

Сигнализаторы уровня СУС предназначены для контроля уровня жидких и твердых (сыпучих) сред, находящихся под атмосферным или избыточным давлением.

Сигнализаторы состоят: из одного первичного (ПП) и одного вторичного (ВПР-1) преобразователей при контроле одного уровня и из двух первичных (ПП) и одного вторичного (ВПР-2) преобразователей двух уровней.

Сигнализаторы уровня типа СУС выпускаются с различным исполнением первичных преобразователей, длиной их погружаемой части и параметрами контролируемых сред (табл. 24).

Контакты выходного реле выдерживают нагрузку: не более 50 Вт постоянного тока напряжением не более 250 В при индуктивной нагрузке не более 2 Гн и 500 ВА переменного тока частотой 50 Гц и напряжением не более 250 В.

Погрешность срабатывания относительно номинального уровня срабатывания не должна быть более:

± 10 мм для жидких сред; ± 15 мм для сигнализаторов уровня СУС-13-ПП-02 ОМ-1 (ОМ-2), СУС-13-ПП-04 ОМ-1 (ОМ-2); ± 20 мм для твердых сред с гранулами (кусками) размером не более 10 мм; ± 30 мм для сигнализаторов уровня СУС-17-ПП-15 ОМ-1 (ОМ-2).

Погрешность срабатывания сигнализаторов уровня (исключая СУС-17-ПП-15 ОМ-1 и ОМ-2, для контроля уровня сыпучих (кусковых) сред с гранулами (кусками) размером от 10 до 150 мм не нормируется, при этом номинальный уровень срабатывания не выходит за пределы чувствительного элемента.

Дифференциал срабатывания составляет: не более 15 мм при горизонтальном и 35 мм при вертикальном и наклонном положениях чувствительного элемента для жидких сред; 30 мм для сыпучих и кусковых сред с гранулами (кусками) размером не более 10 мм; 70 мм для сигнализаторов уровня СУС-17-ПП-15 ОМ-1 (ОМ-2).

В основу работы сигнализатора положено явление возникновения резонанса в колебательном контуре при изменении электрических параметров входящих в него элементов (емкости или индуктивности). При изменении контролируемого уровня изменяется величина емкости (индуктивности) чувствительного элемента, которая затем преобразуется электрической схемой ПП в напряжение постоянного тока, управляющего работой выходного реле, установленного в ВПР.

Электрическая функциональная схема ПП контроля первого уровня (рис. 15, а) состоит из генератора фиксированной частоты ГЧ, колебательного контура КК, чувствительного элемента (емкостного или индуктивного) ЧЭ, преобразователя переменного сигнала в постоянный П, стабилизирующего элемента С, порогового элемента ПЭ и ключевого элемента КЭ. Схема ПП второго уровня аналогична приведенной выше.

Электрическая функциональная схема ВПР-2 состоит из силового понижающего трансформатора Тр, выпрямителей В1 и В2, выходных реле Р1 и Р2, служащих нагрузкой ключевых элементов КЭ первичных преобразователей первого и второго уровней.

Преобразователь первичный устанавливают так, чтобы номинальный уровень срабатывания совпадал с контролируемым уровнем. При отсутствии среды на контролируемом уровне входное сопротивление колебательного контура имеет наибольшее значение, возникающее в нем напряжение равно амплитуде генерируемых ГЧ колебаний. При достижении уровнем зоны первичного преобразователя входное сопротивление резко меняется, что вызывает изменение амплитуды колебаний в контуре. Снимаемое с контура напряжение высокой частоты преобразуется преобразователем П в постоянное и используется для управления пороговым элементом ПЭ, нагрузкой которого служит ключевой элемент КЭ.

Питание генератора ГЧ осуществляется стабилизированным напряжением от элемента С, а порогового ПЭ и ключевого КЭ элементов — нестабилизированным напряжением от выпрямителя вторичного преобразователя. Общее питание сигнализаторов типа СУС осуществляется сетевым напряже-

24. Модификации сигнализаторов уровня типа СУС

Условное обозначение сигнализаторов уровня	Исполнение чувствительного элемента	Длина погружаемой части первичного преобразователя, м	Контролируемая среда и ее параметры
СУС-11-ПП-07-1-1 (ПП-07-1-2, ПП-07-2-2)	Плоский	—	Твердая (зерно, сыпучая, кусковая), неэлектропроводная, $T = (-30) - (+100) ^\circ\text{C}$; $\varepsilon = 2,0 - 10,0$ см/м
СУС-12-ПП-12-1 (ПП-12-2)			Порошкообразная, неэлектропроводная, $T = 0 - 130 ^\circ\text{C}$; $\varepsilon > 2,6$
СУС-13-ПП-02-1 (ПП-02-2)	Стержневой изолированный	0,10; 0,25; 0,60	Стержневая и формовочная (сыпучая) смеси, $T = 5 - 50 ^\circ\text{C}$; $P < 0,6$ МПа
		0,10; 0,25; 0,60; 1,0; 1,60; 2,00	Жидкая неэлектропроводная, $T = (-100) - (250) ^\circ\text{C}$; $P < 2,5$ МПа
СУС-13-ПП-02-ОМ-1 (ПП-02-ОМ-2)		0,10; 0,25	Морская вода и соляные растворы, $T = (-4) - (+50) ^\circ\text{C}$; пресная вода, $T = 5 - 90 ^\circ\text{C}$; $P < 2,5$ МПа; $\sigma > 0,001$ см/м
СУС-13-ПП-04-1 (ПП-04-02)		0,10; 0,25; 0,60; 1,00; 1,60; 2,00	Жидкая электропроводная, $T = (-40) - (+70) ^\circ\text{C}$; $P < 0,25$ МПа; $\sigma > 0,001$ см/м
СУС-13-ПП-04-ОМ-1 (ПП-04-ОМ-2)		0,10; 0,25	Морская вода и соляные растворы, $T = (-4) - (+40) ^\circ\text{C}$; пресная вода, $T = 5 - (70) ^\circ\text{C}$; $P < 0,25$ МПа; $\sigma > 0,001$ см/м
СУС-13-ПП-10-1 (ПП-10-2)		0,19; 0,27; 0,37	Стержневая и формовочная смеси, $T = 5 - (50) ^\circ\text{C}$; $P < 0,60$ МПа
СУС-14-ПП-01-1 (ПП-01-2)	Стержневой неизолированный	0,10	Техническая дробь, $T = 5 - (50) ^\circ\text{C}$; $P < 0,60$ МПа
		0,10; 0,25; 0,60; 1,00	Жидкая, сыпучая, неэлектропроводная, $T = (-100) - (+250) ^\circ\text{C}$; $\varepsilon > 20$; $P < 2,5$ МПа
		1,60; 2,00	Жидкая электропроводная, $T = (-100) - (+250) ^\circ\text{C}$; $\sigma > 0,001$ см/м; $P < 2,5$ МПа
СУС-14-ПП-11-1 (ПП-11-2)		0,12	Техническая сыпучая дробь, $T = 5 - (50) ^\circ\text{C}$; $P < 0,6$ МПа

Условное обозначение сигнализаторов уровня	Исполнение чувстви- тельного элемента	Длина погру- жаемой части первичного преобразо- вателя, м	Контролируемая среда и ее параметры
СУС-15-ПП-03-01 (ПП-03-02)	Пластич- ный	0,25; 0,50; 1,00; 1,50; 2,00	Жидкая, сыпучая, неэлектро- проводная, $T = 0 - (100)^\circ\text{C}$; $P <$ $< 0,25 \text{ МПа}$; $\sigma > 2,0$
СУС-16-ПП-05-1 (ПП-05-2)	Трехсек- ционный цилиндри- ческий неизоли- рованный	0,10; 0,25; 0,60	Жидкая неэлектропроводная, $T = (-100) - (+100)^\circ\text{C}$; $P <$ $< 6,4 \text{ МПа}$; $\sigma > 1,4$
СУС-16-ПП-13-1 (ПП-13-2)			То же, $T = (-100) - (+150)^\circ\text{C}$; $P < 4 \text{ МПа}$; $\sigma > 1,4$
			То же, $T = (-100) - (+250)^\circ\text{C}$; $P < 2,5 \text{ МПа}$; $\sigma > 1,4$
СУС-16-ПП-06-1 (ПП-06-2)	Односек- ционный цилиндри- ческий неизоли- рованный	0,10; 0,25; 0,60	Жидкая неэлектропроводная, $T = (-100) - (+100)^\circ\text{C}$; $P <$ $< 6,4 \text{ МПа}$; $\sigma > 2,0$
СУС-16-ПП-14-1 (ПП-14-2)			То же, $T = (-100) - (+150)^\circ\text{C}$; $P < 4,0 \text{ МПа}$; $\sigma > 2,0$
			То же, $T = (-100) - (+250)^\circ\text{C}$; $P < 2,5 \text{ МПа}$; $\sigma < 2,0$
СУС-17-ПП-15-Ом-1 (ПП-15-Ом-2)	Плоский	—	Рыба и продукты ее перера- ботки, $T = 5 - 100^\circ\text{C}$; $P <$ $< 0,10 \text{ МПа}$
СУС-21-ПП-08-1 (ПП-08-2)			Твердая (сыпучая), кусковая электропроводная, $T = (-30) -$ $(+50)^\circ\text{C}$; $\varepsilon < 20 \text{ см/м}$

Примечания: 1. В таблице приняты следующие обозначения параметров контролируемой среды: T — температура, σ — относительная диэлектрическая проницаемость; ε — удельная электрическая проводимость. 2. Последняя цифра в обозначении преобразователя (ПП-07-1, ПП-02 Ом и т. д.) указывает на количество контролируемых уровней.

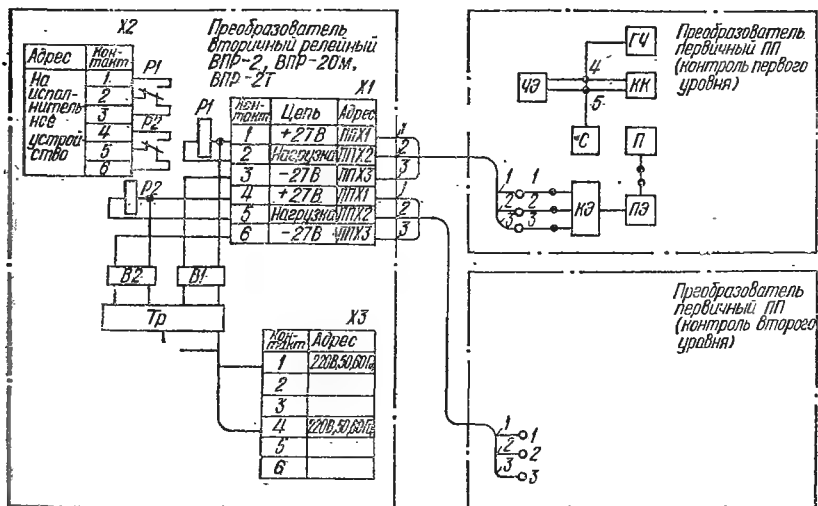
нием $220 \pm_{33}^{22}$ В. Коммутация выходных независимых цепей осуществляется переключающими группами контактов выходных реле $P1$, $P2$.

Выходное реле P преобразователя ВПР находится под током при уровне контролируемой среды больше номинального значения, и, наоборот, обесточено, если уровень не достигает этого значения.

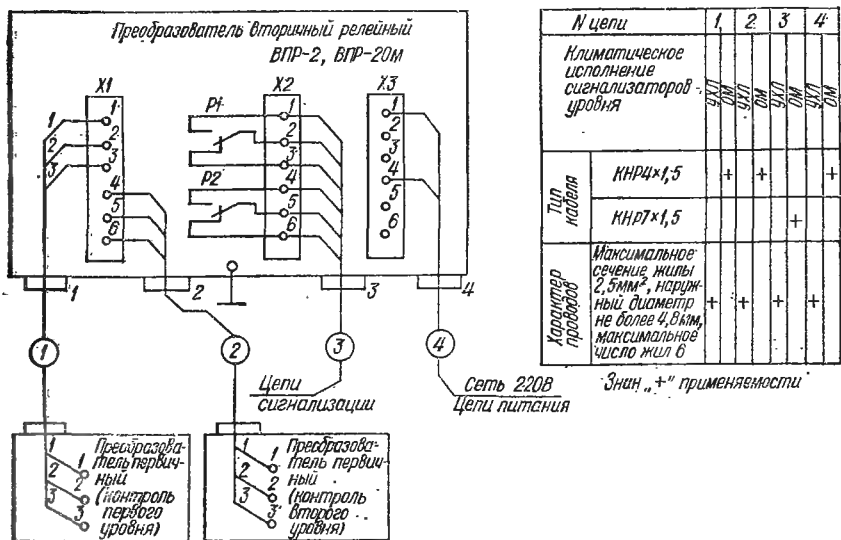
Перед включением сигнализатора в работу необходимо убедиться в правильности подключения ПП и ВПР (рис. 15, б), и только потом подавать питающее напряжение. Соединение ПП климатического исполнения УХЛ с ВПР должно осуществляться с помощью провода с медными или алюминиевыми жилами с сечением от 0,75 до 2,5 мм². Соединение ПП исполнения Ом должно осуществляться с помощью кабеля КНР 4 × 1,5. Удаленность первичного преобразователя от вторичного не ограничивается, но сопротивление каждой жилы линии связи не должно превышать 10 Ом.

Предмонтажная проверка и регулировка сигнализаторов уровня типа СУС включает: внешний осмотр, проверку сопротивления изоляции электрических цепей и сопротивления заземляющего устройства, определение основной погрешности и дифференциала срабатывания.

Проверка сопротивления изоляции электрических цепей осуществляется мегаомметром на напряжение 500 В: между сигнальными цепями и корпусом ВПР; между измерительными цепями (клеммы 1, 2, 3 соединить вместе) и кор-



а



б

Рис. 15. Схемы сигнализатора типа СУС на две точки контроля уровня: а — электрическая функциональная; б — электрическая подключения.

пусом ПП (только для сигнализаторов СУС-22); между силовыми цепями и корпусом ВПР.

Сопротивление изоляции должно быть не менее 20 МОм. Сопротивление заземляющего устройства — не более 4 Ом. Величина сопротивления между клеммой 3 ПП и «Земля», не должна превышать 14 Ом.

Определение основной абсолютной погрешности и дифференциала срабатывания проводят на объекте при заполнении резервуара контролируемой средой. Эту погрешность определяют как разность между номинальным и действительным уровнями срабатывания, а дифференциал срабатывания — как разность между действительными уровнями срабатывания и отпускания выходного реле при заполнении и опустошении резервуара.

При срабатывании сигнализатора на значении уровня за пределами половины погрешности срабатывания проводится регулировка медленным вращением винта регулирующего элемента, установленного внутри ПП. После этого винт необходимо законтрить лаком.

Техническое обслуживание сигнализаторов уровня типа СУС заключается в периодической очистке электродов от пыли и грязи, внешнем осмотре ПП, ВПР и линий связи, уплотнении сальниковых вводов и проводных жил.

Основные неисправности сигнализаторов уровня типа СУС приведены в табл. 25.

25. Основные неисправности сигнализаторов типа СУС

Неисправность	Причина	Способ устранения
Замыкающие контакты выходного реле постоянно замкнуты	На чувствительном элементе ПП зависла контролируемая среда Нарушена изоляция изолированного чувствительного элемента	Очистить чувствительный элемент Демонтировать и заменить
Размыкающие контакты выходного реле не переключаются	Не поступает напряжение питания Обрыв линии связи ПП с ВПР	Проверить цепь питания Устранить обрыв

Уровнемеры пневматические буйковые типа УБ-П

Уровнемеры пневматические буйковые типа УБ-П с силовой компенсацией ГСП предназначены для получения унифицированного пневматического сигнала 0,02—0,1 МПа (0,2—1 кгс/см²) об уровне жидкости или уровне раздела фаз, находящихся под вакуумметрическим, атмосферным или избыточным давлением и выдачи его в систему контроля, управления и регулирования параметров технологических процессов. Уровнемеры работают в комплекте со вторичными пневматическими приборами, регуляторами, машинными централизованным контролем и другими устройствами автоматики.

Уровнемеры пневматические буйковые выпускаются различных модификаций (табл. 26) с классами точности для уровнемеров с верхним пределом измерения уровня до 1 м — 1 и 1,5; от 1,6 м — 1,5.

Выходной пневматический сигнал уровнемера прямо пропорционален измеренному значению уровня, рабочий диапазон его изменения составляет 0,08 МПа (0,8 кгс/см²). Передача выходного сигнала осуществляется по пневматической связи с внутренним диаметром трубки 6 мм и длиной от 3 до 300 м.

Принцип действия уровнемера (рис. 16) основан на пневматической силовой компенсации. Чувствительный элемент — стальной боек 13 — подвешен на конце рычага 11. Изменение уровня жидкости в емкости вызы-

28. Модификации уровнемеров пневматических буйковых типа УБ-П

Модификация	Пределы измерений, м	Температура измеряемой жидкости, °С	Предельно допускаемое рабочее избыточное давление, МПа	Плотность измеряемой жидкости, г/см ³
УБ-П	0—0,020; 0,40; 0,60; 0,80; 0,100; 0,250; 0,400; 0,600; 0,800; 1; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 6; 8; 10; 16	(—40) — (+100)	10; 16	0,45—2,5
УБ-ПА	0—0,250; 0,400; 0,600; 0,800; 1; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 6; 8; 10; 16	100—400	6,4	—
УБ-ПБ		(—200) — (—40)	4,0	
УБ-ПВ		(—40) — (+200)		
УБ-ПГ			6,4	
УБ-ПМ	0—0,600; 0,800; 1; 1,6; 2; 2,5; 3; 4	(—40) — (+100)	10	0,122—0,4
УБ-ПВМ		(—40) — (+200)	4,0	

вазт изменение глубины погружения буйка, масса его при этом соответственно увеличивается или уменьшается. Изменение массы буйка приводит к перемещению рычага 11, связанного с ним Т-образного рычага 2 с заслонкой 6.

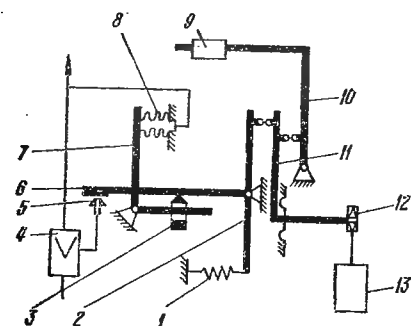


Рис. 16. Принципиальная измерительная схема уровнемера типа УБ-П.

Изменение давления в сильфоне создает усилие, воздействующее через Г-образный рычаг 7 и подвижную опору 3 на Т-образный рычаг 2 в направлении, обратном усилию, созданному массой буйка. При компенсации усилия, создаваемого массой буйка 13 усилием на сильфоне обратной связи 8, подвижная система находится в равновесии.

Начальная масса буйка уравнивается специальным грузом 9, навинченным на плечо дополнительного рычага 10. Установка требуемого значения выходного сигнала при начальном значении уровня (0,02 МПа) осуществляется корректором «нуль» — пружиной 1. Установка верхнего значения выходного сигнала при максимальном значении уровня (0,1 МПа) осуществляется перемещением подвижной опоры 3.

Предмонтижная проверка и регулировка уровнемера типа УБ-П включает: внешний осмотр, настройку на рабочее избыточное давление и заданные пределы измерений, определение основной погрешности и вариации. При внешнем осмотре проверяют целостность пневматических линий питания, выходных цепей, всех блоков уровнемера, наличие демпферной жидкости в стакане демпфера. При необходимости ее заливают примерно на 2/3 объема, причем поршень должен быть погружен в стакан полностью.

Проверяют также герметичность фланцев в месте крепления уровнемера к резервуару и в случае необходимости меняют прокладку.

Настройка уровнемера на рабочее избыточное давление осуществляется на стенде. На рычаг 11 взамен буйка навешивают груз, равный массе буйка, и устанавливают на выходе сигнал, равный 0,02 МПа (0,2 кгс/см²). В рабочую камеру уровнемера подают медленноизменяющееся давление от атмосферного до предельно допускаемого рабочего избыточного давления и наоборот. Возникающее при этом изменение выходного сигнала не должно превышать 1,5 % от его верхнего предельного значения. Если изменение превышает указанное значение, то регулировку осуществляют ослаблением или поджатием пробок на корпусе измерительного блока. При ослаблении одной пробки другая поджимается на ту же величину при соблюдении строгой параллельности перемещения.

Нестабильность показаний уровнемера указывает на то, что ленты узла вывода не находятся в одной плоскости. Повторяя операции настройки, следует добиваться, чтобы при подаче в камеру рабочего избыточного давления изменение выходного сигнала не превышало допускаемое значение. После проведения настройки давление в камере сбрасывают до атмосферного, устанавливают на выходе нулевой сигнал и проверяют основную погрешность.

Настройка уровнемера на заданные пределы измерения проводится с помощью грузов путем имитации гидростатической выталкивающей силы, соответствующей верхнему пределу измерений.

Расчетное давление, соответствующее верхнему пределу измерений,

$$P_p = 0,2 + 0,8 \frac{m}{m_{\max}}$$

Масса грузов уровнемеров:
для жидкости

$$m_{\max} = \frac{\pi d^2}{4} H_{\max} \rho_{\text{ж}};$$

для раздела фаз

$$m_{\max} = \frac{\pi d^2}{4} H_{\max} (\rho_{\text{н. ж}} - \rho_{\text{в. ж}}),$$

где d — диаметр буйка (фактический) испытываемого уровнемера, определяемый как среднее арифметическое результатов измерений, проводимых в трех местах каждой секции буйка — посередине и на расстоянии 0,1 длины каждой секции от ее торцов, каждое измерение диаметра проводится в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, см; $H_{\max}$ — верхний предел измерения уровня жидкости, см; $\rho_{\text{ж}}$ — плотность измеряемой жидкости, г/см³; $\rho_{\text{н. ж}}$, $\rho_{\text{в. ж}}$ — плотности соответственно нижней и верхней измеряемой жидкости в случае измерения уровня раздела фаз, г/см³.

Груз с расчетной массой подвешивают на рычаг 11 (см. рис. 16) и при помощи уравновешивающих грузов выставляют выходной сигнал, равный 0,02 МПа, корректируя его винтом 12. Затем настроенный груз снимают, на выходе при этом должен установиться сигнал, равный 0,1 МПа (1 кгс/см²). При необходимости корректируют выходной сигнал перемещением подвижной опоры. Затем вновь проверяют выходной сигнал при нижнем уровне и корректируют его пружиной 1. Операции по настройке диапазона измерений повторяют до тех пор, пока выходной сигнал не будет установлен в пределах от 0,02 до 0,1 МПа (от 0,2 до 1 кгс/см²).

Основную погрешность уровнемера определяют при значениях уровня, равных верхнему и нижнему предельным и 3—5 промежуточным значениям уровня при прямом и обратном ходах. Предварительно проверяемый уровнемер выдерживают не менее 6 ч при температуре окружающего воздуха $20 \pm 2^\circ\text{C}$, относительной влажности от 30 до 80 %, давлении питания $0,14 \pm 0,0042$ МПа ($1,4 \pm 0,042$ кгс/см²). В качестве имитаторов выталкивающей силы используют гири с классом не ниже 4. Выходной сигнал должен контролироваться образцовым прибором с пределом допускаемой абсолютной погрешности, равной не более 1/4 предела допускаемой абсолютной

27. Основные неисправности уровнемеров типа УБ-П

Неисправность	Причина	Способ устранения
Выходной сигнал равен нулю	Оборваны или полностью засорены линия питания, соединительные линии, дроссели пневмореле	Устранить обрыв или засорение; прочистить, продуть или сменить дроссель
Выходной сигнал занижен или вяло реагирует на изменение уровня	Негерметичность выходных пневматических линий	Устранить негерметичность
Выходной сигнал завышен	Засорено сопло	Прочистить сопло
Смещение диапазона (уход «нуля»)	Изменения рабочего избыточного давления, температуры окружающего воздуха или рабочей среды	Корректировать выходной сигнал, соответствующий нижнему предельному значению измеряемого уровня
Нестабильность выходного сигнала	Ослаблено крепление измерительного блока с преобразователем	Завернуть конический болт, подтянуть болты и гайки, крепящие стойку, соединяющую Т-образный рычаг преобразователя с узлом вывода измерительного блока
	Ослаблены резьбовые соединения в измерительном блоке и преобразователе	Подтянуть резьбовые соединения
	Повышена влажность воздуха, питающего уровнемер	Осушить и прочистить пневматические линии и сопло, снизить влажность воздуха, питающего уровнемер
	Затерся демпфер	Проверить визуально зазор между поршнем и стаканом демпфера. Установить поршень таким образом, чтобы зазор был со всех сторон одинаковым и при постоянном входном давлении и повороте стакана в пределах одного оборота выходной сигнал устанавливался на одно и то же значение
	Нарушена установка ленточных опор рычагов в преобразователе	Отрегулировать ленточные опоры рычагов в преобразователе

погрешности проверяемого уровнемера. Перед проверкой обратного хода уровнемер выдерживают в течение 5 мин под действием максимальной массы настроенного груза.

Основную приведенную погрешность, %, определяют по формуле

$$\gamma = (P_d - P_p) 100 / (P_k - P_n),$$

где P_d — действительное значение выходного сигнала, МПа (кгс/см²); P_p — расчетное значение выходного сигнала, МПа (кгс/см²); $(P_k - P_n)$ — диапазон изменения выходного сигнала, МПа (кгс/см²).

Абсолютную вариацию выходного сигнала определяют как наибольшую разность между значениями выходного сигнала, соответствующими одному и тому же значению уровня, полученному при прямом и обратном ходах.

Приведенная вариация, %,

$$B = (P'_d - P''_d) 100 / (P_k - P_n),$$

28. Размеры и масса буйка при предельном значении измеряемого уровня

$H_{\max}$, м	Диаметр d , мм	Длина l , мм	Масса буйка m , кг	Измеряемый уровень $H_{\max}$, м	Диаметр d , мм	Длина l , мм	Масса m , кг
----------------	------------------	----------------	----------------------	-----------------------------------	------------------	----------------	----------------

УБ-П, УБ-ПА, УП-ПБ, УБ-ПВ, УБ-ПГ

0,020	140	40	5,3	2,0	14	2000	2,6
0,040							
0,060							
0,080							
0,100	80	100	4,1	2,5	14	2500	3,1
0,250	45	250	3,3	3	14	3000	3,8
0,400	45	400	5,2	4	14	4000	5,1
0,600	28	600	3,2	6	8	6000	2,6
0,800	28	800	4,1	8	8	8000	3,4
1,00	28	1000	5,1	10	8	10 000	4,1
1,6	16	1600	2,8	16	6	16 000	3,8

УБ-ПМ, УБ-ПВМ

0,600	60	600	4,5	2,0	30	2000	4,0
0,800	60	800	6,0	2,50	30	2500	5,0
1,00	60	1000	6,0	3,00	30	3000	5,5
1,60	30	1600	3,0	4,0	30	4000	4,3

где P'_d и P''_d — действительные значения выходного сигнала, определенные при прямом и обратном ходах, МПа (кгс/см²).

Основные неисправности буйковых уровнемеров и способы их устранения приведены в табл. 27.

Верхнее предельное значение измеряемого уровня $H_{\max}$, диаметр d , длина l и масса буйков m , соответствующие верхнему предельному значению измеряемого уровня, приведены в табл. 28.

Глава 5

ВТОРИЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

В качестве вторичных приборов в промышленности применяются пирометрические милливольтметры, логометры, автоматические мосты, потенциометры, приборы с дифференциально-трансформаторной измерительной схемой, с токовым входным унифицированным сигналом, а также пневматические измерительные приборы различных модификаций. Вторичные приборы обеспечивают дистанционный контроль различных технологических параметров, при наличии выходных преобразователей — преобразование выходного сигнала из одного вида в другой, сигнализацию предельных значений отклонений параметра от номинального значения, а в отдельных случаях позиционное, пропорциональное и пропорционально-интегральное регулирование.

Приборы относятся к средствам ГСП, построены по агрегатно-блочному-модульному принципу на базе унифицированных модулей, блоков и узлов, являются изделиями взаимозаменяемыми.

По количеству контролируемых точек приборы подразделяются на одно- и многоточечные. В одноточечных приборах запись осуществляется в виде непрерывной одноцветной линии на диаграммной ленте чернилами или пастой, в многоточечных — в виде напечатанных на бумаге разноцветных точек с рядом стоящими цифрами, указывающими на номер первичного преобразо-

вателей. Многоточечные приборы снабжены переключателями, автоматически подключающими к измерительной схеме цепи первичных преобразователей и задатчиков, а также коммутирующими выходные цепи.

ВТОРИЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Вторичные электрические приборы (табл. 29) работают в комплекте с первичными преобразователями, выходным сигналом которых является изменение значения сопротивления, индуктивности, напряжения и тока.

29. Основные характеристики вторичных электрических приборов

Тип прибора	Габаритные размеры	Вид шкалы	Длина шкалы, мм	Ширина диаграммной ленты, мм	Завод-изготовитель
КП1 (показывающий)	150×200× ×500	Плоская дуговая	300	Нет	«Автоматика» г. Киров
КС1 (показывающий самопишущий)	160×200× ×500	Прямоугольная	100	100	То же
КС2 (показывающий самопишущий)	240×320× ×482	То же	160	160	«Львовприбор», г. Львов
КС3 (показывающий самопишущий)	320×320× ×380	Плоская дуговая	Градуировочная часть шкалы ≈ 60 мм	Диаграммная бумага дисковая Д-1250 (ГОСТ 7826-82)	«Теплоприбор», г. Челябинск
КС4 (показывающий самопишущий)	400×400× ×367	Прямоугольная	250	250	«Манометр», г. Москва
КВ1 (показывающий)	240×160× ×533	Круглая вращающаяся	500	Нет	«Мукачев-прибор», г. Мукачево

В зависимости от условий эксплуатации электрические приборы изготавлиются в следующих исполнениях: обыкновенном (О); обыкновенном с искробезопасной измерительной схемой (ОИ); тропическом (Т); тропическом с искробезопасной измерительной схемой (ТИ).

Автоматические электронные потенциометры комплекса КС

Эти потенциометры предназначены для измерения и записи температуры (в комплекте с термоэлектрическими преобразователями и радиационными пирометрами) и других технологических параметров, которые могут быть преобразованы в сигналы напряжения постоянного тока. Наиболее распространены в промышленности следующие типы: КСП4, КСП3, КСП2, КСП1, КПП1, КВП1 (табл. 30). Основная погрешность промышленных потенциометров составляет ± 0,25 (КСП4); 0,5; 1,0 и 1,5 %.

Принципиальная схема автоматического электронного потенциометра комплекса КС приведена на рис. 17.

Измерение подаваемого на вход потенциометра напряжения постоянного тока осуществляется методом сравнения с известным напряжением постоянного тока, снимаемым с движка реохорда.

При изменении сигнала, поступающего от первичного преобразователя, на входе усилителя появляется напряжение разбаланса. Усилитель приводит в действие реверсивный двигатель, вал которого вращается в ту или иную сторону в зависимости от знака рассогласования (больше или меньше предыдущего новое измеренное значение параметра), до тех пор, пока суще-

30. Градуировки и пределы измерений автоматических потенциометров

Тип потенциометра	Градуировка	Пределы измерения, °C
КСП4	ХК (L)	(-50) — 50; (-50) — 100; (-50) — 150; (-50) — 200; 0—100; 0—150; 0—200; 0—300; 0—400; 0—600; 200—600; 200—800
КСП3 КСП2	ХА (K)	0—400; 0—600; 0—800; 0—900; 0—1100; 0—1300; 200—600; 400—900; 600—1100; 700—1300
КСП1 КПП1	ПП (S)	0—1300; 0—1600; 500—1300
КСП3	ПР (B)	300—1000; 300—1600; 1000—1600; 1000—1800
КСП4		1000—1800
КСП2		300—1000; 1000—1600; 1000—1800
КСП1; КПП1		300—1600

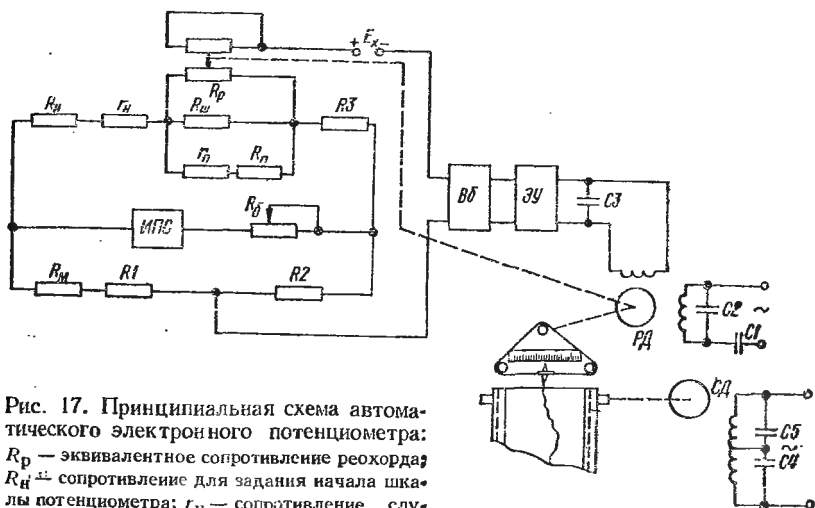


Рис. 17. Принципиальная схема автоматического электронного потенциометра: R_p — эквивалентное сопротивление реохорда; R_n — сопротивление для задания начала шкалы потенциометра; r_n — сопротивление, служащее для точной подгонки начала шкалы; K_n — сопротивление для задания пределов измерения потенциометра; r_n — сопротивление, служащее для точной подгонки пределов измерения; R_1, R_2, R_3 — сопротивления постоянного значения для данной градуировки и пределов измерения потенциометра; R_m — медное сопротивление (термокомпенсатор), служащее для устранения влияния отклонения температуры свободных концов термоэлектрического преобразователя от градуировочного значения; R_6 — сопротивление для ограничения и регулировки рабочего тока в цепи источника питания; ИПС — источник питания стабилизированный; ЗУ — электронный усилитель; РД — реверсивный двигатель.

сигналу напряжение разбаланса. В момент равновесия измерительной схемы сигнал на входе усилителя равен нулю и двигатель неподвижен, положение указателя определяет значение измеряемого параметра.

Все сопротивления измерительной схемы, кроме R_m , изготавливают из манганиновой стабилизированной проволоки. Сопротивление R_m располагается обычно в непосредственной близости со свободными концами подсоединенных термоэлектродных проводов, соединяющих термоэлектрический преобразователь с потенциометром.

Электронные усилители, устанавливаемые во вторичных электронных приборах, работают на переменном токе, а токи разбаланса, поступающие с измерительной схемы потенциометра, — постоянные. В связи с этим для согласования напряжений в автоматических потенциометрах усилители имеют входное устройство, состоящее из вибропреобразователя либо модулятора и входного трансформатора.

Предмонтажная проверка и регулировка автоматических потенциометров включает: внешний осмотр, проверку электрической прочности и электрического сопротивления изоляции, чувствительности усилителя (характера успокоения), захода указателя, определение основной погрешности и вариации по показаниям и регистрации, быстродействия, качества регистрации, отклонения скорости движения диаграммы. При наличии в приборе дополнительных устройств или преобразователей с выходными унифицированными сигналами проверяется точность срабатывания контактов и соответствия выходного сигнала преобразователя значениям измеряемой величины. Указанные работы выполняются после прогрева в течение 2 ч.

При внешнем осмотре проверяют, нет ли повреждений, влияющих на работу прибора, соответствие диапазона шкалы и градуировки прибора с градуировкой работающего с ним в комплекте первичного преобразователя, наличие диаграммы соответствующей градуировочной характеристики и диапазона измерений, маркировку.

Проверка электрической прочности и электрического сопротивления изоляции осуществляется на приборе, отключенном от сети, мегаомметром, развивающим напряжение 500 В. Предварительно корпус прибора необходимо заземлить. Сопротивление изоляции по отношению к корпусу прибора определяют для цепи питания прибора, измерительной схемы, цепи внешней сигнализации и регулирующих устройств. В многоточечных приборах измеряют сопротивление изоляции отдельных цепей датчиков между собой. При измерении сопротивления изоляции входных и измерительных цепей потенциометра отключают конденсаторы, шунтирующие вход термоэлектрического преобразователя, усилитель по входу и стабилизатор по питанию измерительной схемы («+», «—»).

При проверке изоляции на электрическую прочность испытательное напряжение следует повышать плавно, начиная с нуля или со значения, не превышающего номинальное рабочее напряжение, до испытательного со скоростью, допускающей возможность отсчета показаний вольтметра, но не менее 100 В/с. Изоляцию выдерживают под действием испытательного напряжения в течение 1 мин, затем напряжение снижают до начального значения. Сопротивление изоляции измерительных цепей относительно корпуса в силовых цепях должна быть не менее 100 МОм, сигнальных цепей относительно корпуса и силовых цепей — 40 МОм. Величина испытательного напряжения для цепей с номинальным напряжением до 100 В — 500 В, между цепями с номинальным напряжением свыше 100 В — 1500 В.

Для проверки захода указателя необходимо довести указатель, изменяя входной сигнал, за начальную и конечную отметки шкалы до упора. Проверку характера успокоения прибора проводят на трех числовых отметках шкалы, примерно в начале, середине и конце шкалы, при подаче на зажимы прибора скачком входного сигнала, величиной не менее 40 % диапазона измерений. В середине шкалы характер успокоения проверяют при увеличении и уменьшении входного сигнала. При подходе к контролируемой точке указатель должен сделать 2—3 колебания и остановиться.

Основную погрешность прибора по показаниям и вариации определяют для оцифрованных отметок шкалы методом сравнения показаний проверяемого прибора с показаниями более точного образцового прибора.

В качестве образцового прибора используют высокоомный образцовый потенциометр типа Р307 или универсальный измерительный прибор типа Р4833. Проверка правильности показаний автоматических потенциометров должна проводиться при нормальных условиях эксплуатации, напряжении питания прибора $(220 \pm 4,4)$ В, частоте тока питания (50 ± 1) Гц, отсутствии внешних электрических и магнитных полей, вибрации и тряски, влияющих на работу прибора.

Потенциометры, имеющие компенсацию термо-ЭДС свободных концов термоэлектрического преобразователя, проверяют по схеме (рис. 18, б). Ко входу проверяемого потенциометра подключают термоэлектродные удлинительные провода, соответствующие его градуировочной характеристике (см. прил. 1). Места соединений термоэлектродных проводов с медными помещают в термостат со стабильной температурой (скорость изменения температуры в термостате не должна превышать $0,1^\circ\text{C}$ за каждые 30 мин), измеряемой ртутным термометром, для введения поправки по термо-ЭДС на температуру термостата. Места соединений можно также поместить в сосуд Дюара с дистиллированной водой и тающим льдом, в этом случае температура свободных концов будет равна 0°C .

До начала проверки потенциометра спай термоэлектродных и медных проводов выдерживают в термостате не менее 2 ч. Термоэлектродные провода, используемые при проверке, должны быть предварительно проверены. В интервале комнатных температур различие в термо-ЭДС термоэлектрического преобразователя и термоэлектродных проводов не должно превышать значения термо-ЭДС, соответствующей $0,5^\circ\text{C}$, что особенно важно при проверке приборов с диапазоном температур в интервале $0-100^\circ\text{C}$.

Проверка автоматических электронных потенциометров, предназначенных для работы с любыми датчиками, кроме термоэлектрических преобразователей температуры (радиационными пирометрами, индукционными расходомерами), проводится по схеме, приведенной на рис. 18, а. В этих видах потенциометров термокомпенсатор (медное сопротивление) отсутствует, их соединение с образцовым прибором осуществляется медными проводами.

Указатель прибора устанавливают левее проверяемой отметки, затем медленно доводят указатель до совмещения с этой отметкой, образцовым потенциометром определяют значение входного сигнала E'_d в милливольтх. Далее указатель устанавливают правее проверяемой отметки и, медленно изменяя входной сигнал, доводят указатель до совмещения с этой отметкой и вновь определяют значение входного сигнала E''_d .

Основная абсолютная погрешность показаний

$$\Delta E' = E_{\text{ном}} - E'_d - E_T - \Delta \varepsilon;$$

$$\Delta E'' = E_{\text{ном}} - E''_d - E_T - \Delta \varepsilon,$$

где $E_{\text{ном}}$ — номинальное значение входного сигнала, определенное в соответствии с отметкой, проверяемой по табл. 7, мВ; E_T — термо-ЭДС, соответствующая значению температуры термостата при проверке потенциометра по схеме (рис. 18, б), в остальных случаях $E_T = 0$ мВ; $\Delta \varepsilon$ — поправка на погрешность, вызванную отклонением градуировочной характеристики термоэлектродных проводов от номинальной характеристики (по табл. 7), при проверке прибора с термокомпенсацией в милливольтх

$$\Delta \varepsilon = E_n - E_y,$$

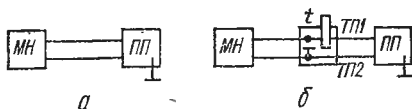


Рис. 18. Схемы проверки автоматического потенциометра:

а — без компенсации термо-ЭДС; б — с компенсацией термо-ЭДС.

31. Основные неисправности автоматических потенциометров и мостов

Неисправность	Причина	Способ устранения
При подаче на вход прибора сигнала, соответствующего началу шкалы, указатель идет к концу шкалы, а при максимальном его значении — к началу шкалы	Неправильно подсоединены выводы реохорда	Поменять местами выводы реохорда согласно схеме соединений
При включении прибора указатель из любого положения стремится к одному из крайних положений	Неправильно включен термопреобразователь сопротивления. Неправильно подсоединен вход усилителя или перепутаны концы обмоток двигателя при ремонте прибора	Проверить правильность включения термопреобразователя сопротивления. Поменять местами входные концы усилителя
Электродвигатель не вращается	Неисправна кинематическая система	Проверить вращение электродвигателя вручную. Для этого следует снять диаграмму и отверткой попробовать вращать вал электродвигателя в обе стороны. Вал электродвигателя должен медленно проворачиваться в обе стороны при одинаковой силе, приложенной к валу. Если вал заедает, то электродвигатель следует снять, разобрать и устранить заедание
	Обрыв в обмотках электродвигателя	Если механическая часть электродвигателя исправна, необходимо отсоединить кабель, присоединяющий электродвигатель к колодке на шасси, и проверить электродвигатель в соответствии с указаниями, приведенными в инструкции
	Обрыв в цепи конденсатора	Проверить конденсаторы в цепи его обмоток, если электродвигатель исправен, но в схеме прибора не работает. Неисправный конденсатор заменить
	Неисправен усилитель	Проверить работу уравновешивающей системы, подавая постоянное напряжение на вход усилителя от потенциометра постоянного тока (для усилителей постоянного тока). Электродвигатель должен вращаться в ту или другую сторону при перемене полярности фазы подаваемого на вход усилителя напряжения.

Неисправность	Причина	Способ устранения
Электродвигатель сампроизвольно реверсируется в конечных положениях	Нет напряжения на управляющей обмотке электродвигателя	Если электродвигатель не вращается, то заменить вибропреобразователь, лампы усилителя (в случае лампового усилителя), а если это не помогает, заменить усилитель. Искробезопасные усилители ремонту не подлежат Проверить напряжение на контактах колодки, на шасси прибора, если оно соответствует нормальному, проверить, нет ли обрыва в цепи управляющей обмотки электродвигателя, неисправный электродвигатель заменить
Указатель прибора двигается медленно	Понижено усиление усилителя Электронные лампы устарели Низкое напряжение питания прибора Загрязнен реохорд Затирание в кинематической цепи прибора или электродвигателя Плохая экранировка цепи термоэлектрического преобразователя или появление потенциала переменного тока на зажимах термоэлектрического преобразователя прибора за счет понижения сопротивления изоляции Плохое экранирование соединительных проводов термопреобразователя, сопротивления или появление потенциала переменного тока на зажимах термоэлектрического преобразователя за счет понижения сопротивления изоляции	Повысить чувствительность усилителя, повернув ось регулятора по часовой стрелке, а регулятор обратной связи — против часовой стрелки Заменить электронные лампы в усилителе новыми (в случае лампового усилителя) Проверить напряжение питания прибора, повысить его до минимального значения Прочистить реохорд Проверить неисправность при медленном продвижении от руки. Тугой ход указывает на наличие трения в системе — смазать трущиеся детали Проверить экранировку термоэлектродных или соединительных проводов и надежность их заземления, устранить неисправность При наличии потенциала переменного тока на зажимах для присоединения термоэлектрического преобразователя или термопреобразователя сопротивление необходимо (если невозможно устранить причину его возникновения) заземлить зажим со знаком «плюс» через конденсатор емкостью 0,25—1,0 μF в потенциометрах или зажим В в мостах КСМЗ

Неисправность	Причина	Способ устранения
При включении прибора диаграммный диск не вращается Показания прибора не соответствуют истинным значениям	Наличие сильных внешних магнитных полей Неисправен синхронный электродвигатель привода диаграммы Несоответствие типа термоэлектрического преобразователя или термопреобразователя сопротивления градуировке прибора Неисправны термоэлектрический преобразователь, термопреобразователь, соединительные провода	Улучшить качество заземления или включить конденсатор. Если невозможно устранить дефект, то необходимо запитать прибор через разделительный трансформатор и заземлить один из зажимов питания прибора Проверить синхронный электродвигатель и при неисправности заменить новым Заменить термоэлектрический преобразователь или термопреобразователь сопротивления
При установке указателя прибора на какой-либо отметке наблюдается автоколебание	Велика чувствительность усилителя	Заменить термоэлектрический преобразователь, термопреобразователь сопротивления или устранить повреждение в соединительных проводах Уменьшить чувствительность

где E_{π} — значение термо-ЭДС удлинительных термоэлектродных проводов (по табл. 7, мВ); E_y — значение термо-ЭДС термоэлектродных проводов по действительной градуировочной характеристике при температуре окружающей среды, мВ.

Поправка не учитывается, если $\Delta\epsilon \leq 1/5 \Delta E' (\Delta E'')$. Для стандартных градуировок термоэлектрических преобразователей $\Delta\epsilon = 0$.

Основную приведенную погрешность, %, определяют по формуле

$$\gamma = \Delta E 100 / (E_K - E_H),$$

где E_K , E_H — значения термо-ЭДС, соответствующие конечному и начальному значениям шкалы проверяемого прибора по табл. 7.

В а р и а ц и я показаний определяется одновременно с определением основной погрешности. Приведенная вариация показаний, %, —

$$B = (E'_d - E''_d) 100 / (E_K - E_H).$$

У самопишущих многоточечных приборов вначале определяют основную погрешность и вариацию при выключенном пишущем механизме, а затем повторяют проверку в 3—4 точках шкалы при включенном пишущем механизме.

В р е м я прохождения указателем всей шкалы потенциометра проверяют при резком изменении входного напряжения от начального до максимального значений. В момент изменения напряжения включают секундомер и отключают в момент остановки указателя. Время замеряют при прямом и обратном ходах, а затем результаты усредняют.

П о г р е ш н о с т ь регистрации определяют на 3—4 отметках шкалы, включая начальную и конечную отметки по той же методике, что и погрешность показывающей части.

32. Градуировка и пределы измерений автоматических мостов

Тип моста	Градуировка	Пределы измерений, °C
КСМ4; КСМ3; КСМ2; КСМ1; КВМ1; КПМ1	10П	0—300; 0—400; 0—500; 0—650; 300—650
КСМ4; КСМ3; КСМ2; КСМ1; КВМ1; КПМ1	50П	(—120) — 30; 0—100; 0—150; 0—200; 0—300; 0—400; 0—500; 200—500
КСМ3; КСМ2; КСМ1; КВМ1; КПМ1		(—200) — (—70); (—70) — 180
КСМ3		50—100; 50—150
КСМ4; КСМ3; КСМ2; КСМ1; КВМ1; КПМ1	100П	(—200) — (—70); (—200) — 50; (120) — 30; (—90) — 50; 0—50; 0—100; 0—150; 0—200; 0—300; 0—400; 0—500; 200—500
КСМ3; КСМ2; КСМ1; КВМ1; КПМ1		(—70) — 180; (—25) — 25
КСМ4; КСМ3; КСМ2; КСМ1; КВМ1; КПМ1	50М	(—50) — 50; (—50) — 100; 0—50; 0—100; 0—180; 0—60,4
КСМ3; КСМ2; КСМ1; КВМ1; КПМ1		(50) — 0; 0—150; 50—100
КСМ4; КСМ3; КСМ2; КСМ1; КВМ1; КПМ1	100М	(—50) — 50; (—50) — 100; (—25) — 25; 0—25; 0—50; 0—100, 0—180
КСМ3; КСМ2; КСМ1; КВМ1; КПМ1		(—50) — 0; 0—150; 50—100

Принципиальная схема автоматического электронного моста комплекса КС приведена на рис. 19.

При изменении сигнала, поступающего от первичного преобразователя, мостовая схема выходит из равновесия и на входе усилителя появляется сигнал разбаланса. Усилитель приводит в действие реверсивный двигатель, вал которого перемещает указатель и ползунок реохорда до наступления нового состояния равновесия мостовой схемы.

Все сопротивления мостовой измерительной схемы выполнены из стабилизированной манганиновой проволоки. Термопреобразователь сопротивления подключается к мосту обычно по трехпроводной схеме, преимуществом которой является исключение влияния температуры окружающей среды на показания прибора. Термопреобразователь соединен с мостом с помощью медного провода или кабеля сечением 1,5 мм², проложенным для защиты от влияния электромагнитных полей в надежно заземленных трубах или металорукавах.

Так как конструктивно автоматические электронные мосты незначительно отличаются от потенциометров, предмонтажная проверка и наладка их проводится в том же объеме и теми же методами, за исключением определения основной погрешности и вариации.

Основную погрешность и вариацию автоматического моста определяют по схеме, приведенной на рис. 20.

К входным зажимам проверяемого моста подключают образцовый магазин сопротивлений с наименьшим делением 0,01 Ом, класса точности не менее 0,05 (например, тип Р4831), который подключают вместо термопреобразователя сопротивления по трехпроводной схеме, либо универсальный измерительный прибор типа Р4833.

В соединительной линии должны быть установлены добавочные сопротивления $R_{п1}$ и $R_{п2}$, доводящие сопротивление каждого провода до половины значения $R_{вн}$ обозначенного на шкале прибора.

При определении основной погрешности прибора по показаниям указатель устанавливают левее проверяемой отметки, затем медленным изменением входного сигнала его совмещают с этой отметкой и определяют значение входного сигнала $R'_д$. Затем указатель устанавливают правее проверяемой отметки и медленным изменением входного сигнала указатель вновь совмещают с проверяемой отметкой и определяют значение входного сигнала $R''_д$.

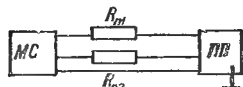


Рис. 20. Схема проверки автоматического моста.

Основная абсолютная погрешность показаний

$$\Delta R' = R_{ном} - R'_д;$$

$$\Delta R'' = R_{ном} - R''_д,$$

где $R_{ном}$ — номинальное значение входного сигнала, Ом, определяемое в соответствии с проверяемой отметкой по данным табл. 9.

Основная приведенная погрешность показаний прибора, %:

$$\gamma = \Delta R \cdot 100 / (R_k - R_n),$$

где R_k , R_n — значения сопротивления, соответствующие конечному и начальному значениям шкалы проверяемого по таблице прибора, равные 120 Ом.

Вариацию показаний определяют одновременно с основной погрешностью показаний.

Приведенная вариация, %:

$$B = (R'_д - R''_д) 100 / (R_k - R_n).$$

Объем работ, выполняемых по текущему обслуживанию автоматических электронных мостов, соответствует объему работ, выполняемых по обслуживанию потенциометров.

Подгонка сопротивлений линий связи к автоматическим электронным мостам проводится аналогичным способом, что и для логометров.

Основные неисправности мостов и способы их устранения приведены в табл. 31.

Автоматические электронные приборы с токовым входным унифицированным сигналом комплекса КС

Эти приборы предназначены для измерения различных технологических параметров, преобразованных в сигнал постоянного тока стандартного диапазона изменения: 0—5; 0—20 мА.

Наиболее распространены в промышленности следующие типы приборов с токовым входным сигналом ГСП комплекса КС: КСУ1, КСУ2, КСУ4.

Основная погрешность промышленных приборов с токовым входным сигналом составляет $\pm 0,25$ (КСУ4), 0,5; 1,0 и 1,5 %.

Принципиальная схема прибора с токовым входным сигналом незначительно отличается от схемы автоматического потенциометра (рис. 21, а). Токовый унифицированный сигнал преобразуется с помощью шунта R_I в падение напряжения, изменяющееся в диапазоне 0—10 мВ. Это падение напряжения сравнивается с напряжением, снимаемым с диагонали мостовой схемы, полученный сигнал рассогласования подается на вход электронного усилителя ЭУ. Для токового сигнала 0—5 мА величина R_I равна 2 Ом, а для сигнала 0—20 мА — 0,5 Ом.

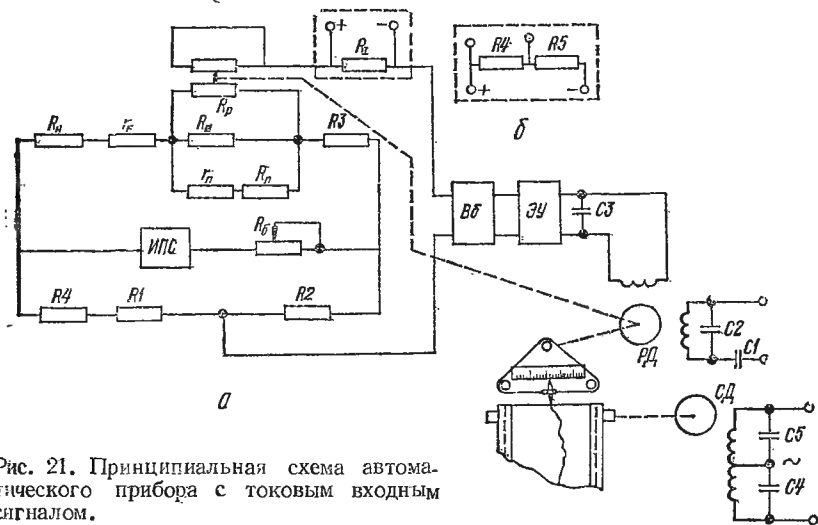


Рис. 21. Принципиальная схема автоматического прибора с токовым входным сигналом.

Для измерения унифицированного сигнала в форме напряжения постоянного тока 0—10 В на входе прибора устанавливают делители напряжения R_4 и R_5 (рис. 21, б) для того, чтобы на прибор подавалось напряжение 100 мВ (КСУ2), 20 мВ (КПУ1), 50 мВ (КВУ1), снимаемое с резистора R_4 .

Предмонтажная проверка приборов с токовым входным сигналом проводится в том же объеме и теми же методами, что и проверка для автоматических потенциометров (рис. 22).

Основная абсолютная погрешность показаний

$$\Delta I' = I_{\text{ном}} - I_{\text{д}}';$$

$$\Delta I'' = I_{\text{ном}} - I_{\text{д}}'';$$

Рис. 22. Схема проверки автоматического прибора с токовым входным сигналом.

где $I_{\text{ном}}$ — номинальное значение входного сигнала, определенное в соответствии с проверяемой отметкой, мА; $I_{\text{д}}'$, $I_{\text{д}}''$ — значения входного сигнала, определенные в ходе проверки при подходе к проверяемой отметке слева и справа, мА; $I_{\text{ном}} = (I_{\text{к}} - I_{\text{н}}) A_{\text{н}} / (A_{\text{к}} - A_{\text{н}})$; $I_{\text{д}}' = u_{\text{д}}' / R_I$; $I_{\text{д}}'' = u_{\text{д}}'' / R_I$, где $(I_{\text{к}} - I_{\text{н}})$ — диапазон изменения входного сигнала проверяемого прибора (0—5) или (0—20) мА, $A_{\text{к}} - A_{\text{н}}$ — диапазон измерения проверяемого прибора; $A_{\text{н}}$ — значение проверяемой оцифрованной отметки; $u_{\text{д}}'$, $u_{\text{д}}''$ — значения напряжения на входе прибора, соответствующие проверяемой отметке при подходе слева и справа, В.

Основная приведенная погрешность показаний прибора, %

$$\gamma = \Delta I \cdot 100 / (I_{\text{к}} - I_{\text{н}}).$$

Приведенная вариация

$$B = (I_{\text{д}}' - I_{\text{д}}'') 100 / (I_{\text{к}} - I_{\text{н}}).$$

Автоматические электронные приборы с дифференциально-трансформаторной схемой комплекса КС

Эти приборы предназначены для измерения и записи различных технологических параметров (давления, перепада давлений, уровня, расхода), преобразованных в изменение величины взаимной индуктивности.

Наиболее распространены в промышленности следующие типы автоматических электронных приборов с дифференциально-трансформаторной схемой ГСП: КСДЗ, КСД2, КВД1, КСД1 (табл. 33).

33. Градуировка и пределы измерений дифференциально-трансформаторных приборов

Назначение	Характеристика шкалы	Верхние значения по шкале	Размерность
Расходомер (переменного перепада давления)	Квадратичная	$A = a \cdot 10^n$, где $a = 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8$; n — целое (положительное или отрицательное) число или нуль	кг/ч; т/ч; м³/ч; л/ч; м³/ч (допускаются единицы измерения, выраженные в массе или объеме, отнесенные к минуте или секунде)
Расходомер (постоянного перепада давления) Уровнемер	Линейная То же	То же 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 4000; 6300; $\pm 12,5$; ± 20 ; $\pm 31,5$; ± 50 ; ± 80 ; ± 125 ; ± 200 ; ± 315 ; ± 500 ; ± 800 ; ± 1250 ; ± 2000 ; ± 3150	То же см (высота столба жидкости, которая по требованию заказчика допускается в метрах или миллиметрах)
Дифманометр (перепадомер)	» »	1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 0,4; 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; $\pm 0,5$; $\pm 0,8$; $\pm 1,25$; $\pm 2,0$; $\pm 3,15$; $\pm 5,0$; $\pm 8,0$; $\pm 1,25$; $\pm 2,0$; $\pm 3,15$; $\pm 5,0$; $\pm 8,0$; $\pm 2,0$; $\pm 31,5$; ± 50 ; ± 80 ; ± 125 ; ± 200 ; ± 315 ; ± 500 ; ± 800 ; ± 1250	кгс/м²
Манометр	» »	0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600	кгс/см²
Вакуумметр	» »	—1; —0,6	кгс/см²
Мановакуумметр	» »	Для манометрической части 0,6; 1,5; 3; 5; 15; 24 Для вакуумметрической части —1	кгс/см²

Основная погрешность промышленных приборов с дифференциально-трансформаторной схемой составляет $\pm 0,5; 1,0 \%$.

В основу работы прибора положен принцип следящего уравнивания. Перемещение плунжера дифференциально-трансформаторного датчика первичного преобразователя ПП (рис. 23), которое осуществляется его чув-

ствительным элементом, зависит от величины измеряемого параметра. В автоматический прибор с дифференциально-трансформаторной схемой ВП встроен аналогичный дифференциально-трансформаторный преобразователь, плунжер которого перемещается с помощью профилированного лекала реверсивным двигателем РД. Первичные обмотки обоих преобразователей I соединены последовательно и запитаны от усилителя напряжением переменного тока (~ 24 В), вторичные обмотки II соединены встречно с выходом на усилитель. Значение и фаза индуктируемого во вторичных обмотках напряжения зависят от положения плунжеров в катушках ПП и ВП. При рассогласованных положениях плунжеров на вход усилителя подается напряжение разбаланса. Усилитель приводит в действие реверсивный двигатель, который перемещает ука-

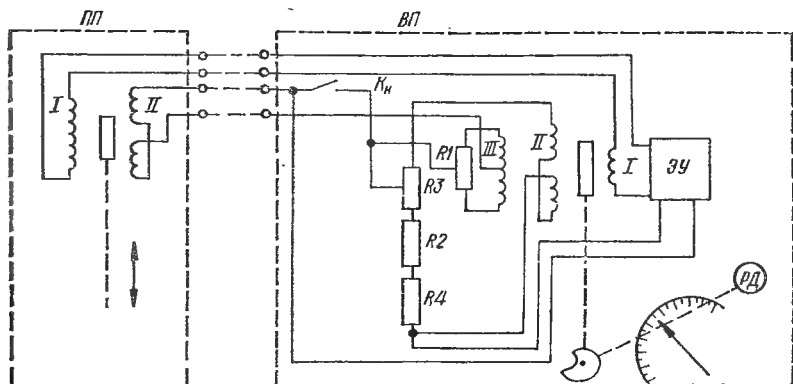


Рис. 23. Принципиальная схема автоматического прибора с дифференциально-трансформаторным входом (ВП) в комплекте с первичным преобразователем (ПП).

затель и посредством лекала плунжер в катушке вторичного прибора до тех пор, пока напряжение разбаланса не станет ниже порога чувствительности усилителя.

Для контроля исправности прибора в нем предусмотрена кнопка Кн «Контроль». При нажатии этой кнопки вторичная обмотка ПП закорачивается, на вход усилителя подается незначительное напряжение, устанавливающее указатель на контрольной отметке.

В дифференциально-трансформаторной катушке автоматического электронного прибора предусмотрена третья дополнительная обмотка III со средней точкой, которая шунтируется переменным сопротивлением R1 и включается последовательно со вторичными обмотками катушек ПП и прибора. Сопротивление R1 служит для корректировки нуля прибора.

Диапазон шкалы прибора корректируется делителем, состоящим из переменного R3 и постоянного R4 сопротивлений, шунтирующими вторичную обмотку дифференциально-трансформаторной катушки прибора. Для устранения влияния температуры окружающей среды на показания прибора служит медный термокомпенсатор R2.

Приборы выпускаются с двумя уровнями входных сигналов ГСП: 0—10; и 10—0—10 мГн.

В зависимости от подсоединяемого первичного преобразователя и назначения в приборах устанавливаются два вида профилированных лекал — с линейной или квадратичной характеристикой.

Предмонтажная проверка автоматических электронных приборов с дифференциально-трансформаторным входом включает: внешний осмотр, проверку электрического сопротивления изоляции, захода указателя и соответствия контрольных рисок лекала начальному и конечному значениям шкалы прибора, чувствительности прибора, «контрольной» точки, определение погреш-

ности и вариации по показаниям и регистрации, отклонения скорости движения диаграммы.

Электрическое сопротивление изоляции проверяют мегаомметром напряжением 500 В. Перед проверкой устанавливают перемычки на зажимы каждой электрической цепи. Сопротивление изоляции проверяют в положении выключателя «Выключено» (питающее напряжение на прибор отключено).

Электрическое сопротивление изоляции измерительных цепей прибора относительно корпуса и относительно других цепей при температуре окружающего воздуха (20 ± 5) °С и относительной влажности не более 80 % должно быть не менее 100 МОм. Электрическое сопротивление изоляции остальных цепей прибора относительно корпуса и цепей между собой должно быть не менее 40 МОм.

Для проверки захода указателя за крайние отметки шкалы необходимо довести указатель до упора, при этом расстояние от конца указателя до центра начальной или конечной отметок шкалы должно быть не менее 6 мм.

Соответствие контрольных рисок шкалы начальному и конечному значениям шкалы проверяют при отключенном приборе перемещением вручную указателя от начальной до конечной отметок шкалы прибора. Положение ролика на рычаге плунжера дифференциально-трансформаторной катушки в крайних положениях указателя должно соответствовать нанесенным на лекало рискам. В противном случае необходимо ослабить винты, крепящие лекало на оси, повернуть его на необходимый угол и закрепить в новом положении.

Остальные проверки необходимо проводить с помощью подключенного к прибору образцового магазина комплексной взаимной индуктивности типа Р5017 или другого аналогичного прибора (рис. 24), обеспечивающего установку проверяемых значений с погрешностью, не превышающей 1/3 основной. Для установки нормальной чувствительности необходимо на вход прибора подать сигнал от магазина комплексной взаимной индуктивности от значения, соответствующего начальной (конечной) отметке шкалы, до значений, соответствующих 30, 60 и 90 % диапазона изменения входного сигнала. При нормальной чувствительности указатель прибора должен устанавливаться в новое положение после одного-двух полуколебаний у приборов с линейной характеристикой лекала, и двух-трех — у приборов с квадратичной характеристикой.

При проверке основной погрешности показаний и регистрации вначале проверяют «Контрольную точку» дифференциально-трансформаторного вторичного прибора. У приборов с входным сигналом 0—10 мГц плунжер дифференциально-трансформаторной катушки в начальном положении должен находиться симметрично относительно вторичных обмоток, а «Контрольная точка» должна соответствовать началу шкалы. У вторичных дифференциально-трансформаторных приборов с входным сигналом 10—0—10 мГц плунжер катушки в начальном положении смещен от середины на половину его полного хода, а «Контрольная точка» соответствует 50 % длины шкалы. Если указатель прибора не устанавливается на «Контрольной точке», то при нажатой кнопке «Контроль» следует откорректировать начальное положение плунжера в катушке.

При отпущенной кнопке «Контроль» и нулевом значении на магазине комплексной взаимной индуктивности указатель прибора должен установиться на нулевой отметке у приборов со входным сигналом 0—10 мГц и против отметки, соответствующей 50 % диапазона шкалы у приборов с входным сигналом 10—0—10 мГц. Для настройки диапазона шкалы прибора на магазин взаимной индуктивности следует установить значение взаимной индуктивности 10 мГц. Указатель прибора должен установиться на конечную от-

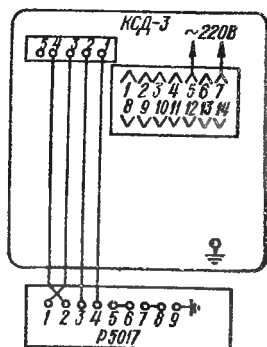


Рис. 24. Схема проверки автоматического прибора типа КСД-3.

метку шкалы у приборов с пределами 0—10 мГн и против начальной отметки шкалы у приборов с пределами 10—0—10 мГн с отклонением, не превышающим основную допустимую погрешность. Для проверки установки указателя на конечную отметку у приборов с пределами 10—0—10 мГн необходимо поменять между собой два конца, подключенных к магазину взаимноиндуктивностей — 1 и 2 или 3 и 4.

При отклонении указателя прибора, работающего на указанных выше отметках, на величину, превышающую основную погрешность, необходимо откорректировать диапазон измерения поворотом ручки потенциометра R_3 «Диапазон». Затем следует вновь проверить установку на «Контрольную точку».

Для определения основной погрешности показаний и вариации на магазине взаимноиндуктивностей набирают комбинации его электрических параметров (табл. 34) и, плавно изменяя сигнал, подводят указатель к проверяемой числовой отметке при подходе слева и справа.

34. Параметры магазина взаимных индуктивностей

Взаимная индуктивность M , мГн	Угол потерь E	Аргумент комплексного сопротивления первичной обмотки, рад	Взаимная индуктивность M , мГн	Угол потерь E	Аргумент комплексного сопротивления первичной обмотки, рад
0—10	5°30'	0,45	10—0—10	5°30'	0,45
0—10	5°30'	0,55	10—0—10	5°30'	0,55
0—10	8°30'	0,45	10—0—10	8°30'	0,45
0—10	8°30'	0,55	10—0—10	8°30'	0,45

Для приборов с линейной зависимостью между показаниями и значениями входного сигнала 0—10 и 10—0—10 мГн и для нулевой отметки приборов с квадратичной зависимостью входного сигнала 0—10 мГн основная погрешность, %, определяется по формулам:

$$\gamma_1 = (M_p - M'_d) 100 / (M_k - M_n);$$

$$\gamma_2 = (M_p - M''_d) 100 / (M_k - M_n);$$

$$M_p = (M_k - M_n) (y - x).$$

Для приборов с квадратичной зависимостью между показаниями и значениями входного сигнала 0—10 мГн основная приведенная погрешность (кроме нулевой отметки)

$$\gamma_1 = \frac{(M_p - M'_d)}{(M_k - M_n)} \frac{1}{2y} 100 \% ; \quad \gamma_2 = \frac{(M_p - M''_d)}{(M_k - M_n)} \frac{1}{2y} 100 \% ;$$

$$M_p = (M_k - M_n) y^2,$$

где M_p — расчетное значение величины взаимной индуктивности для проверяемой отметки шкалы, мГн; M'_d , M''_d — показания, отсчитанные по образцовому магазину взаимной индуктивности для проверяемой отметки шкалы при подходе к ней соответственно слева и справа, мГн; $(M_k - M_n)$ — диапазон изменения входного сигнала, мГн; $x = 0$ — для прибора с нижним пределом измерения входного сигнала, равным нулю, и $x = 0,5$ — для прибора с нижним и верхним пределами измерения входного сигнала, равными по абсолютной величине; $y = (A_n - A_n) / (A_k - A_n)$ — показания прибора в относительных единицах; A_n — проверяемая отметка шкалы; $(A_k - A_n)$ — диапазон измерения прибора, равный сумме абсолютных значений верхнего и нижнего пределов измерения.

Для приборов с линейной зависимостью (входной сигнал 0—10 и 10—0—10 мГн) и для нулевой отметки приборов с квадратичной зави-

35. Основные неисправности дифференциально-трансформаторных вторичных приборов

Неисправность	Причина	Способ устранения
При включении прибора указатель из любого положения стремится к одному из крайних положений Электродвигатель не вращается	Неправильно присоединен вход усилителя или перепутаны концы обмоток двигателя Неисправна кинематическая схема Обрыв в обмотках электродвигателя	Поменять местами входные концы усилителя или концы обмоток двигателя Проверить ручную вращение электродвигателя, если вал заедает, электродвигатель следует снять, разобрать и установить причину заедания Если механическая часть электродвигателя исправна, необходимо отсоединить провода и прозвонить обмотки. При наличии обрыва электродвигатель следует заменить
Электродвигатель самопроизвольно реверсируется в конечных положениях Показания прибора не соответствуют истинным значениям	Неисправен усилитель Нет напряжения на управляющей обмотке электродвигателя Ослабло крепление указателя прибора Изменено натяжение тяги дифференциально-трансформаторного преобразователя	При перемене фазы подаваемого на вход усилителя напряжения электродвигатель должен вращаться в другую сторону. Если электродвигатель не вращается, проверить усилитель Проверить напряжение на зажимах колодки на шасси прибора. Если оно соответствует нормальному, проверить, нет ли обрыва в цепи управляющей обмотки электродвигателя Закрепить указатель на контрольной отметке шкалы Отрегулировать лекало плунжера, а также указатель прибора согласно методике проверки
При установке указателя на какой-либо отметке наблюдаются автоколебания Занижена скорость движения указателя прибора	Неисправен усилитель Понижено усиление усилителя Низкое напряжение питания прибора Плоская экранировка соединительных проводов Затирание прибора или двигателя в кинематической цепи	Заменить усилитель новым. Ремонт усилителя возможен высококвалифицированным персоналом в условиях мастерской или лаборатории, оборудованной специальными стендами Повысить чувствительность усилителя, повернув ось регулятора по часовой стрелке, или уменьшить величину обратной связи Проверить напряжение питания и повысить его до номинального значения Экранировать соединительные провода и надежно заземлить экран Медленным проворачиванием от руки проверить ход. Тугой ход указывает на наличие трения в системе; затем смазать трущиеся детали
При включении прибора диаграммный диск не вращается	Неисправен синхронный электродвигатель привода диаграммного диска	Заменить синхронный электродвигатель новым

симостью (входной сигнал 0—10 мГн) вариацию, %, определяют по формуле

$$B = (M'_d - M''_d) 100 / (M_k - M_n).$$

Для приборов с квадратичной зависимостью, кроме нулевой отметки (входной сигнал 0—10 мГн)

$$B = \frac{(M'_d - M''_d)}{(M_k - M_n)} \frac{1}{2y} 100 \, \%.$$

Основные неисправности и методы их устранения приведены в табл. 35.

Логометры

Логометры являются вторичными электрическими приборами магнито-электрической системы, работающими в комплекте с промышленными термопреобразователями сопротивления (термометрами сопротивления) различных градуировок (табл. 36) и показывающими температуру в градусах Цельсия. Основная погрешность промышленных логометров: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 %.

36. Типы и градуировки промышленных логометров и милливольтметров

Тип прибора	Наименование	Сопротивление $R_{вн}$	Обозначение градуировки
Л64-И	Логометр показывающий, искробезопасный, с источником питания СВ-4М	15,0	10П, 100П, 100М
Ц69000, Ц69001	То же, показывающий	15,0	10П, 100П, 100М
Ш69006	То же, регулирующий двухпозиционный	15,0	10П, 100П, 100М
МВУ6-С	Прибор узкопрофильный со световым указателем	15,0	10П, гр. 21, 100П, 100М
Ц69003	Милливольтметр показывающий	5,0	ХК, ХА
Ш69004	То же, в комплекте с соединительным блоком	5,0	ХК, ХА
МВУ6-А	Прибор узкопрофильный со световым указателем с блоком БУ-11	15,0	ХА, ХК, ПП
Ш4500	Милливольтметр показывающий	15,0	ХК, ХА, ПР
Ш450	То же, в комплекте с блоком БУ-11	15,0	ХК, ХА, ВР, ПР
Ш4501	То же, регулирующий двухпозиционный	15,0	ХК, ХА, ПП, ПР
Ш451	То же, регулирующий двухпозиционный с аварийной сигнализацией	15,0	ПР, ВР
Ш4540	Милливольтметр показывающий	—	ХК, ХА, ПП, ПР
Ш4541	То же, регулирующий двухпозиционный с сигнальным устройством	—	ХК, ХА, ПП, ПР
Ш4516	То же, регулирующий по позиционному, ПД и ПИД законом	15,0	ХК, ХА, ПП, ПР

Измерительный механизм прибора состоит из двух жестко скрепленных между собой под небольшим углом рамок (из медной проволоки), вращающихся в неравномерном поле постоянного магнита вокруг цилиндрического железного сердечника. Воздушный зазор между сердечником и полюсными наконечниками постоянного магнита возрастает от центра к краям, что и обеспечивает неравномерность магнитного поля. Жестко с рамками связан указатель прибора. Для изготовления логометров различных градуировок и диапазонов измерения, осуществления термокомпенсации влияния температуры окружающей среды в приборе использована схема неуравновешенного моста, в измерительную диагональ которого включены рамки.

Принципиальная схема промышленного логометра показана на рис. 25. Подсоединение термопреобразователей сопротивления осуществляется с помощью медного провода сечением 1,5 мм² обычно по трехпроводной схеме,

которая способствовала устранению влияния температуры окружающей среды на сопротивление соединительных проводов, а следовательно, значительно уменьшает погрешность измерений.

В зависимости от того, какая схема подключения принята, рассчитывают значения подгоночных сопротивлений.

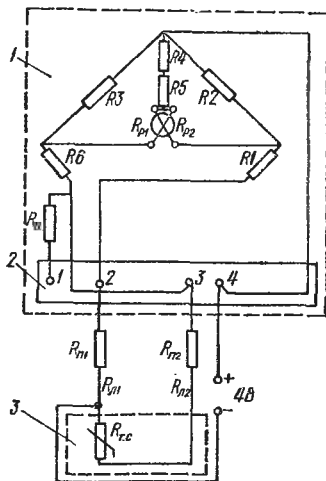
При трехпроводной схеме сопротивления $R_{п1}$ и $R_{п2}$ подбираются так, чтобы $R_{п1} + R_{л1} = R_{п2} + R_{л2} = 0,5R_{вн}$, где $R_{вн}$ — сопротивление внешней цепи логометра, обозначенное на шкале.

При двухпроводной схеме $R_{п1} = 0,5R_{вн}$; $R_{п2} = 0,5R_{вн} - (R_{л1} - R_{л2})$.

При измерении сопротивлений соединительных линий $R_{л1}$ и $R_{л2}$ закорачиваются зажимы в головке термопреобразователя сопротивления, к которым присоединяются провода, идущие от логометра. Сопротивления этих проводов обозначаются R_A , R_B , R_C , лабораторным односторонним мостом постоянного тока у логометра замеряют попарно между проводами их значения.

Рис. 25. Принципиальная схема промышленного логометра:

1 — логометр; 2 — колодка; 3 — термопреобразователь сопротивления. Элементы: R_1 , R_2 , R_3 , R_6 — сопротивления манганиновые постоянного значения для данного диапазона измерений и градуировки; R_T — термопреобразователь сопротивления; R_4 — медное сопротивление, термокомпенсатор, устраняющий влияние температуры окружающей среды на параметры схемы прибора; R_5 — подгоночное сопротивление, служащее для подгонки шкалы логометра на данный предел измерения; R_3 — эталонное сопротивление, предназначенное для контроля исправности прибора; $R_{п1}$, $R_{п2}$ — подгоночные сопротивления, доводящие сопротивление соединительных проводов до значения, указанного на шкале прибора ($R_{вн}$); $R_{л1}$, $R_{л2}$ — сопротивления соединительных проводов.



Сопротивление каждого провода определяется по формулам

$$R_A = [(R_A + R_C) - (R_B + R_C) + (R_A + R_B)]/2; R_B = [(R_A + R_B) - (R_A + R_C) + (R_B + R_C)]/2,$$

где $(R_A + R_C)$, $(R_A + R_B)$, $(R_B + R_C)$ — значения замеренных попарно сопротивлений соединительных проводов.

В случае подключения к одному логометру нескольких термопреобразователей сопротивления используются переключатель на соответствующее число положений типа ПТИ и панель, на которой монтируются катушки для подгонки сопротивления линий.

Предмонтажная проверка и регулировка логометра включает: внешний осмотр, проверку сопротивления изоляции, проверку влияния наклона, определение основной погрешности и вариации.

Измерение сопротивления изоляции проводится мегаомметром напряжением не выше 500 В. Сопротивление изоляции измерительной цепи при нормальных условиях должно быть не менее 100 МОм, остальных — не менее 40 МОм.

Проверка влияния наклона проводится на трех числовых отметках — в начале, середине и конце шкалы путем измерения установленных на магазине сопротивлений, соответствующих проверяемым отметкам при нормальном положении логометра и при наклоне его на угол 10° (для логометров Ш69001 и Ш69002 на 45°) во всех четырех направлениях. Погрешность от влияния наклона определяется как разность двух значений сопротив-

лений для одной и той же отметки шкалы, полученных при нормальном (R_D) и наклонном (R_D^H) положениях логометра, выраженная в процентах от диапазона измерения,

$$\gamma = (R_D - R_D^H) / 100(R_K - R_H),$$

где R_K, R_H — значения сопротивлений, Ом, соответствующие конечной и начальной отметкам шкалы.

Изменение показаний при отклонении логометра на 10° не должно превышать $\pm 1,5\%$. В противном случае необходимо провести балансировку подвижной части прибора. Для этого прибор устанавливают в нормальное положение, включают питание и на магазине сопротивлений, подключенном вместо термопреобразователя сопротивления, устанавливают сопротивление, соответствующее средней отметке шкалы. Отмечают положение указателя относительно отметки на шкале и прибор проворачивают на 90° так, чтобы ось и острие указателя были в горизонтальном положении. В этом положении проверяют уравновешенность указателя и грузиков.

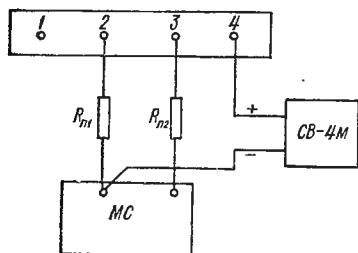


Рис. 26. Схема проверки логометра.

При полном равновесии подвижной системы указатель должен находиться на замеченной ранее точке шкалы. Если указатель смещен, то необходимо переместить один из грузиков. Для определения, каким из грузиков нужно пользоваться при балансировке, прибор поворачивают на 90° в той же плоскости, при этом указатель должен быть направлен вертикально вниз. Если он уходит вправо от середины шкалы, необходимо передвинуть левый грузик, если влево, то, наоборот, — правый. Затем прибор вновь поворачивают в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и вновь перемещают тот или иной грузик. Балансировка считается законченной, если при повороте прибора в указанных выше положениях отклонения указателя не будут выходить за пределы допускаемой погрешности.

Основную погрешность и вариацию логометра определяют при нормальных условиях эксплуатации, т. е. при номинальном положении логометра, температуре окружающего воздуха $20 \pm 5^\circ\text{C}$, нормальном напряжении питания 4 В. Сопротивление каждой подгоночной катушки должно быть равно половине сопротивления линии, указанного на пиферблате логометра.

Определение основной погрешности и вариации осуществляется с помощью образцового магазина сопротивлений типа Р4831 (рис. 26). В качестве источника питания обычно используют выпрямитель типа СВ-4М. Первоначально проверяют установку указателя логометра на красную контрольную отметку подключением вместо термопреобразователя сопротивления эталонного сопротивления R_D , имеющегося в самом логометре. До включения источника питания необходимо закоротить провода на магазине сопротивлений, а провод с зажима 3 перенести на зажим 1. После включения питания указатель логометра должен установиться на красной контрольной отметке с погрешностью не более ± 2 мм.

Если указатель логометра не устанавливается на контрольной отметке, то необходимо закоротить дополнительно зажимы 1 и 2 логометра и повторить проверку. Установка указателя на контрольной отметке при этом свидетельствует об исправности логометра, в этом случае необходимо проверить правильность подгонки линии.

Определение основной погрешности и вариации осуществляют следующим образом: плавным изменением сопротивления на магазине сопротивлений указатель логометра подводят к проверяемой оцифрованной отметке шкалы слева и справа, и каждый раз отсчитывают

сопротивление, полученное на магазине. Для всех оцифрованных отметок шкалы рассчитывают основную приведенную погрешность, %,

$$\gamma = (R_{гр} - R_d) 100 / (R_k - R_n),$$

где $R_{гр}$ — сопротивление, Ом, соответствующее проверяемой отметке по табл. 9; R_d — показание образцового магазина сопротивлений (из двух отсчетов берется значение сопротивления, дающего максимальную погрешность); R_k, R_n — значения сопротивлений, Ом, соответствующие конечной и начальной отметкам шкалы, взятые по табл. 9.

Абсолютную вариацию определяют как разность сопротивлений, полученных на образцовом магазине сопротивлений при повороте указателя слева R'_d и справа R''_d от проверяемой отметки.

Приведенная вариация, %, —

$$B = (R'_d - R''_d) 100 / (R_k - R_n).$$

При регулировке показаний логометра, поступившего после ремонта, вместо сопротивлений $R1, R5, R6$, т.с. подключают образцовые магазины сопротивлений (рис. 27). На магазинах $M2, M3, M4$ устанавливают сопротивления, равные приведенным в паспорте для $R1, R5, R6$. На магазине $M1$ последовательно устанавливают сопротивления, соответствующие сопротивлениям $R_{т.с.}$ на начальной, средней и конечной отметках шкалы плюс $R_{вн.}$ и, включив питание, наблюдают за положением указателя.

Если погрешность показаний логометра имеет один знак, а абсолютная величина ее возрастает от начальной отметки к конечной, то изменяют сопротивление $R1$ так, чтобы сделать знак ее переменным при переходе указателя через среднюю отметку при одинаковой абсолютной величине; если погрешность показаний логометра имеет один знак, а абсолютная величина ее убывает от начальной отметки к конечной, добиваются того же, что и в предыдущем случае — изменением сопротивления $R6$; если погрешность показаний логометра имеет разный знак на начальной и конечной отметках шкалы при одинаковой величине, то регулируют диапазон измерений прибора изменением сопротивления $R5$.

У логометров, вышедших из ремонта, определяют влияние изменения напряжения питания на показания прибора на начальной, средней и конечной отметках шкалы. При отклонении напряжения питания на $\pm 10\%$ изменение показаний не должно превышать основной допустимой погрешности.

Основные неисправности логометров и способы их устранения приведены в табл. 37.

Пирометрические милливольтметры

Милливольтметры являются вторичными электрическими приборами магнитоэлектрической системы, работающие в комплекте с промышленными термоэлектрическими термометрами (термопарами) различных градуировок (см. табл. 36) и показывающие температуру в градусах Цельсия.

Основная погрешность промышленных милливольтметров составляет 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 %.

Измерительный механизм состоит из рамки (из медной проволоки), вращающейся в равномерном поле постоянного магнита вокруг цилиндрического железного сердечника. Жестко с рамкой связан указатель, на противоположном конце которого расположены два грузика — противовеса для баланси-

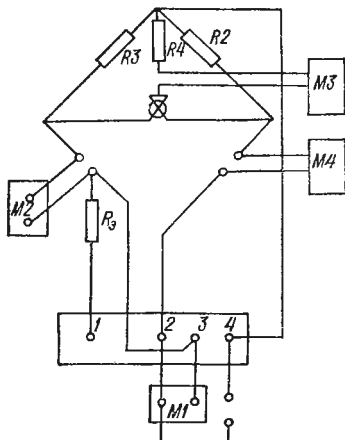


Рис. 27. Схема регулировки показаний логометра.

87. Основные неисправности логометров

Неисправность	Причина	Способ устранения
Указатель логометра не перемещается при изменении температуры	На логометр не поступает питание Неисправна подвижная система Не выключен арретир Обрыв или короткое замыкание в соединительных линиях или катушках	Проверить и обеспечить питание Проверить состояние указателя, подвесок, кернов, подпятников и при необходимости заменить их Проверить положение и работу арретира Проверить пайку и чистоту контактов, сопротивление катушек (при отключенном питании) измерительной схемы
Указатель логометра отклоняется вправо до упора	Обрыв: в соединительных проводах в термопреобразователе сопротивления в схеме внутренних соединений логометра в катушке — для подгонки сопротивлений линии в переключателе измерительных цепей	Проверить и заменить соединительные провода Заменить или отремонтировать термопреобразователь сопротивления Проверить пайку, состояние соединительных проводов, соответствие сопротивлений катушек измерительной схемы паспортным данным (при отключенном питании), при необходимости перемотать Проверить состояние катушек и при необходимости перемотать или вновь подогнать Проверить и заменить
Указатель отклоняется влево до упора	Короткое замыкание: в соединительных проводах в термопреобразователе сопротивления в схеме внутренних соединений логометра в переключателе измерительных цепей	Проверить и заменить соединительные провода Заменить или отремонтировать термопреобразователь сопротивления; просушить его при попадании вовнутрь влаги Проверить сопротивление катушек измерительной схемы Проверить и заменить
Завышенные или заниженные показания логометра при исправном термопреобразователе сопротивления	Несоответствие градуировок логометра и термопреобразователя сопротивлений Неправильное подключение термопреобразователя к логометру Короткое замыкание в подгоночной катушке Межвитковое замыкание в рамке логометра или катушках измерительной схемы	Проверить и привести в соответствие Проверить и привести в соответствие со схемой подключений Замерить сопротивление, перемотать и вновь подогнать Проверить сопротивление и при необходимости перемотать в соответствии с паспортными данными

Неисправность	Причина	Способ устранения
Неустойчивое положение указателя логометра	Неправильная подгонка сопротивления соединительных проводов Неправильно установлен термопреобразователь	Проверить сопротивление и осуществить его подгонку до указанного на шкале прибора Осуществить перемонтаж термопреобразователя в представительную точку
Снижение чувствительности прибора	Плохой контакт в местах подсоединения термопреобразователя к логометру в схеме внутренних соединений логометров Влияние электромагнитных полей на соединительные линии	Проверить все контакты, пропаять их или подкрутить соединительные винты Проверить качество заземления защитных труб и экранов

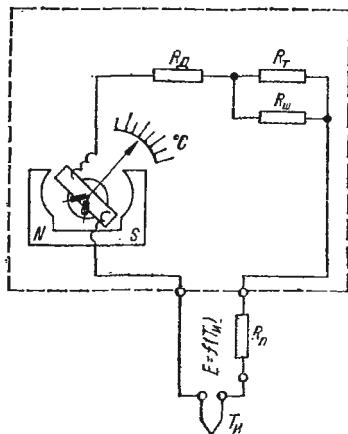
ровки подвижной системы. Рамка подключается к электрической измерительной цепи через противодействующие (возврат на нуль при отключении прибора) спиральные пружины, либо через растяжки или подвески при креплении на них рамки.

Принципиальная схема промышленного милливольтметра приведена на рис. 28.

Подсоединение термоэлектрического термометра к милливольтметру осуществляется с помощью специальных термоэлектродных удлинительных проводов.

Если удлинительные провода непосредственно подсоединяются к зажимам милли-

Рис. 28. Принципиальная схема пирометрического милливольтметра. Элементы схемы: R_d — сопротивление, определяющее диапазон измерения прибора; R_T — термокомпенсатор (полупроводниковое термосопротивление с отрицательным температурным коэффициентом), устраняющий влияние температуры окружающей среды на параметры схемы прибора; $R_{ш}$ — шунт термокомпенсатора, служащий для подгонки его сопротивления; R_n — подгоночное сопротивление (катушка), доводящее сопротивление внешней цепи милливольтметра до значения, указанного на шкале прибора.



вольтметра, то каждый раз при измерении температуры необходимо вносить поправку и корректировать показания прибора на температуру окружающей среды. Величина поправки рассчитывается по формуле

$$T_d = T_n + K(T_x - T_0),$$

где T_d — действительное значение температуры; T_n — измеренное значение (показания прибора) температуры; K — поправочный коэффициент, зависящий от типа термометра и интервала измерения температуры (табл. 38); T_x — фактическая температура холодного спая; T_0 — температура холодного спая, при которой производилась градуировка термоэлектрического термометра (например, 0°C);

Механический способ введения поправок заключается в том, что корректором прибора указатель заранее устанавливается на температуру свободных

Градуйро- ка термо- метра	Диапазон измеряемых					
	0—100	101—200	201—300	301—400	401—500	501—600
ХА (К)	1,00	1,02	1,01	0,98	0,97	0,96
ХК (Л)	1,00	0,90	0,84	0,81	0,80	0,78
ПП (S)	1,00	0,82	0,72	0,69	0,66	0,63

концов (температуру окружающей их среды), измеренную предварительно стеклянным термометром.

Для автоматического введения поправки и устранения погрешности в измерениях, возникающей из-за отличия температуры свободных концов от градуировочного значения (обычно 0°C), применяют компенсационную коробку типа КТ-54.

Сопротивление внешней цепи милливольтметров $R_{\text{вн}}$ составляет 0,6; 1,6; 5,0; 15,0; 16,2, или 25,0 Ом и указывается на шкале прибора.

Подгонка сопротивления внешней цепи до значения, указанного на шкале прибора, производится следующим образом.

Меняя полярность, дважды измеряют сопротивление соединительных проводов и термоэлектрического термометра (для устранения влияния термо-ЭДС на результат измерения). Искомое сопротивление ($R_{\text{вн}}^{\text{н}}$) вычисляют по результатам обоих измерений ($R_{\text{вн}1}^{\text{н}}$ и $R_{\text{вн}2}^{\text{н}}$) по формуле

$$R_{\text{вн}}^{\text{н}} = 2R_{\text{вн}1}^{\text{н}}R_{\text{вн}2}^{\text{н}}/(R_{\text{вн}1}^{\text{н}} + R_{\text{вн}2}^{\text{н}}).$$

Затем отматывая с подгоночной катушки, расположенной на клеммнике внешних соединений прибора, часть витков, доводят значение ее сопротивления до значения $R_{\text{п}} = R_{\text{вн}} - R_{\text{вн}}^{\text{н}}$.

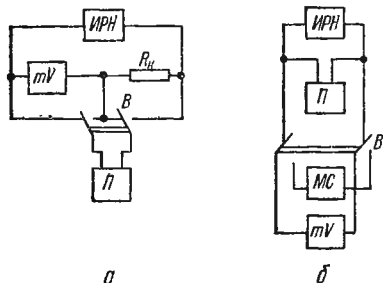


Рис. 29. Схемы измерения сопротивления милливольтметра:

а — метод сличения; б — метод замещения.

на приборе $R_{\text{вн}}$. Внутреннее сопротивление милливольтметра измеряют косвенным способом с помощью источника регулируемого напряжения (ИРН) и лабораторного потенциометра методом сличения или замещения ИРН.

По первому методу к ИРН последовательно подключают проверяемый милливольтметр и образцовую катушку $R_{\text{к}}$ (рис. 29, а). По цепи пропускают ток, вызывающий заметное перемещение указателя милливольтметра, затем поочередно переключателем В к потенциометру подключают милливольтметр и $R_{\text{к}}$ и замеряют на них падение напряжения соответственно $U_{\text{мв}}$ и $U_{\text{к}}$. Внутреннее сопротивление милливольтметра определяют по формуле

$$R_{\text{мв}} = (U_{\text{мв}}R_{\text{к}})/U_{\text{к}}.$$

Предмонтажная проверка и регулировка милливольтметров включает: внешний осмотр, измерение сопротивления изоляции, проверку измерительной системы, работы корректора и арретира, уравновешенность подвижной системы прибора, проверку основной погрешности и вариации.

Измерение сопротивления изоляции проводится мегаомметром напряжением не выше 500 В. Сопротивление изоляции измерительной цепи при нормальных условиях должно быть не менее 100 МОм, остальных цепей — не менее 40 МОм. Сопротивление внешней цепи постоянному току измеряют с помощью одинарного моста, оно должно соответствовать указанному

температур, °С

601—700	701—800	801—900	901—1000	1001—1100	1101—1200
0,97	0,98	1,01	1,04	1,07	—
0,79	0,80	—	—	—	—
0,62	0,60	0,59	0,56	0,55	0,53

По второму методу (рис. 29, б) к ИРН с помощью переключателя В подключают милливольтметр и потенциометром измеряют падение напряжения при токе, отклоняющем указатель прибора в пределах рабочей части шкалы. Затем переключателем В к ИРН подключают магазин сопротивлений МС и, изменяя на нем сопротивление, добиваются на потенциометре того же значения напряжения, что и на милливольтметре. Установленное значение сопротивления будет равно сопротивлению милливольтметра.

Проверка измерительной системы милливольтметра, определение обрыва в цепи и плавности хода указателя осуществляется при помощи подключенного к нему источника регулируемого напряжения плавным изменением напряжения, подаваемого на вход прибора.

Работу корректора проверяют плавным поворотом винта корректора отверткой. Корректор милливольтметров градуировок ХА, ХК, ГП, не имеющих автоматического

введения поправки на температуру свободных концов, должен отводить указатель вправо не менее чем на 35° при шкале с максимальной отметкой до 500 °С, не менее чем на 50° при шкале с максимальной отметкой более 500 °С и влево от начальной отметки шкалы не менее чем на 2 % длины шкалы.

Корректор милливольтметров с автоматическим введением поправки на температуру свободных концов должен обеспечивать при температуре окружающей среды 20 °С перемещение указателя от начала отметки шкалы на 30° и, кроме того, на 2 % длины шкалы в обе стороны за пределами этого диапазона.

Уравновешенность подвижной системы проверяют для показывающих и самопишущих милливольтметров при положении указателя прибора в начале, середине и конце шкалы. Для этого на вход прибора поочередно подают соответствующее значение напряжения и наклоняют прибор от вертикального положения в четырех направлениях, при этом погрешность показаний милливольтметра не должна превышать допустимое значение. Угол наклона корпуса для милливольтметров с подвижной системой на растяжках должен быть равен 5°, для обыкновенных — 10°, для ударостойких и виброустойчивых 45°.

Проверка основной погрешности и вариации милливольтметра осуществляется в нормальных условиях с помощью универсального измерительного прибора типа Р4833 (рис. 30, б) либо переносного лабораторного потенциометра в комплекте с источником регулируемого напряжения типа ИРН-64 (рис. 30, а).

Абсолютную погрешность ΔE для каждой проверяемой отметки шкалы определяют как разность отсчитанного на образцовом приборе напряжения (E_d) и значения термо-ЭДС термоэлектрического преобразователя ($E_{гр}$), определенного по табл. 7 для соответствующей оцифрованной отметки шкалы $\Delta E = E_{гр} - E_d$.

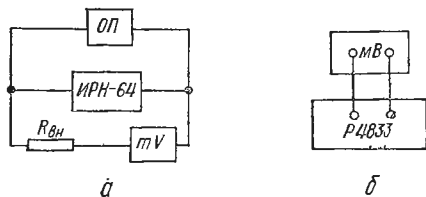


Рис. 30. Схемы проверки милливольтметра:

а — с помощью ИРН-64 и образцового потенциометра; б — с помощью комбинированного прибора Р4833.

Если для введения поправки к показаниям на температуру окружающей среды указатель милливольтметра был предварительно смещен корректором с нулевой отметки шкалы и установлен на деление T_0 , то абсолютная погрешность определяется как $\Delta E = E_{гр} - E_d - E_0$, где E_0 — ЭДС, соответствующая температуре T_0 , мВ.

Основная приведенная погрешность, %:

$$\gamma = \Delta E 100 / (E_k - E_n),$$

где E_k , E_n — соответственно значения верхнего и нижнего значений предела измерений милливольтметра, мВ, определяемые по табл. 7.

Вариация показаний прибора, %, для каждой отметки шкалы определяется по формуле

$$B = (E'_d - E''_d) 100 / (E_k - E_n),$$

39. Основные неисправности милливольтметров

Неисправность	Причина	Способ устранения
Указатель милливольтметра не перемещается при изменении температуры	Неисправность в подвижной системе Не выключен арретир	Проверить состояние указателя, оси, подвесок, кернов, подпятников и при необходимости заменить Проверить положение и работу арретира
Указатель милливольтметра отклоняется влево до упора	Короткое замыкание в цепи термоэлектрического термометра В цепи обрыв термоэлектрического термометра Обрыв в удлинительных проводах Обрыв внутри вольтметра	Проверить, отремонтировать или заменить термоэлектрический термометр Проверить, отремонтировать или заменить Проверить и заменить
Завышение или занижение показания вольтметра при исправном термоэлектрическом термометре	Несоответствие градуировок милливольтметра и термометра Перепутаны удлинительные провода Неправильно скорректирован прибор на температуру свободных концов Межвитковое замыкание в рамке или в катушках измерительной схемы Неправильная подгонка сопротивления соединительных приборов или замыкание в подгоночной катушке	Проверить пайку, состояние соединительных проводов, соответствие сопротивлений схемы паспортным данным Проверить и привести в соответствие Поменять местами
Снижение чувствительности прибора	Неправильно установлен термометр	Повторно измерить температуру и произвести корректировку Проверить сопротивление на соответствие паспортным данным, перемотать Измерить сопротивление соединительных проводов, осуществить его подгонку до указанного на шкале прибора Осуществить перемонтаж термометра в нужную точку
	Влияние электромагнитных полей на соединительные линии	Проверить качество заземления защитных экранов

где E_d^+ и E_d^- — соответственно измеренные значения напряжения при прямом и обратном ходе указателя для соответствующей отметки шкалы.

Рассчитанные значения приведенной погрешности и вариации не должны превышать допустимых значений.

Основные неисправности милливольтметров и способы их устранения приведены в табл. 39.

ВТОРИЧНЫЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Вторичные пневматические приборы объединены в систему «СТАРТ» и предназначены для контроля и записи различных технологических параметров, величины которых преобразованы в стандартный диапазон измерения пневматического сигнала 0,02—0,1 МПа (0,2—1 кгс/см²).

Питание приборов осуществляется сжатым очищенным и осушенным воздухом давлением $0,14 \pm 0,014$ МПа ($1,4 \pm 0,14$ кгс/см²). Приборы системы «СТАРТ» (табл. 40) выполнены на базе унифицированной системы элементов промышленной пневмоавтоматики (УСЭПА).

Действие измерительных систем вторичных пневматических приборов основано на компенсационном принципе измерения, при котором усилие на приемном элементе, возникающее от входного давления ($P_{вх}$), уравновешивается усилием, развиваемым элементом обратной связи.

Самопишущие пневматические приборы снабжены электрическим (последняя буква в обозначении модификации прибора — Э) или пневматическим (то же, буква П) приводом диаграммной ленты.

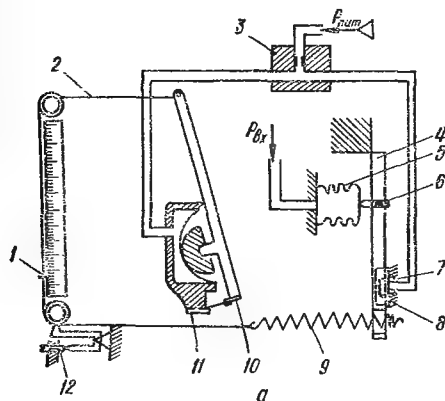
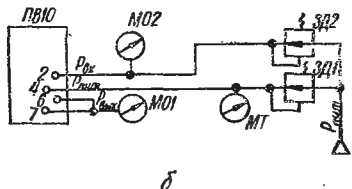


Рис. 31. Вторичный пневматический прибор типа ПВ10:

а — принципиальная измерительная схема; б — схема проверки.



В приборах типа ПВ (рис. 31, а) измеряемое давление $P_{вх}$ от первичного преобразователя поступает на приемный элемент — сильфон 5. Сжатый воздух от источника питания через постоянный дроссель 3 поступает в линию, соединяющую сопло 7 с силовым элементом 11. При изменении $P_{вх}$ сильфон перемещает рычаг 4, что вызывает изменение зазора между соплом 7 и заслонкой 8, находящейся на конце рычага 4. Это приводит к изменению давления в линии сопла, а следовательно, в силовом элементе 11. При этом перемещаются сферическая упругая мембрана силового элемента и упирающийся в нее рычаг 10. Последний посредством лавсановой нити 2 и пружины обратной связи 9 связан с рычагом 4. Пружина 9 растягивается и создает усилие, действующее обратно усилию, образованному на силовом элементе 11.

Таким образом, усилие, созданное $P_{вх}$ на приемном сильфоне 5, уравновешивается усилием в линии обратной связи. Перемещение рычага 10 силового элемента передается указателю 1 и перу. Начальное положение стрелки при

40. Основные характеристики вторичных пневматических приборов

Тип прибора	Дополнительные устройства			Количество контролируемых параметров				Основная погрешность, %	Расход воздуха, л/мин	Способ контроля	
	Станция управления	Блок сигнализации	Задатчик	1	2	3	4, 6, 8, 16			показывающий	самопишущий
ПВ3.2	+		+			+		1,0	7	+	
ПВ2.2		+		+				1,0	4	+	
ПВ4.4Э						+		1,0	4		+
ПВ10.1Э	+		+			+		1,0	7		+
ПВ10.2Э	+		+				+	1,0	8		+
ПВ4.4П						+		1,0	7		+
ПВ10.1П	+		+			+		1,0	10		+
ПВ10.2П	+		+				+	1,0	11		+
ПК1.1				+				0,5) 1,0)	0,5	+	+
ПК1.2					+			0,5) 1,0)	1,0	+	+
ПК1.3						+		0,5) 1,0)	1,5	+	+
ПК1				+				0,5		+	+
ПК2					+			0,5		+	+
ПК3						+		0,5		+	+

$P_{вх} = 0,02$ МПа (0,2 кгс/см²) устанавливается вращением винта 12 корректора нуля под шкалой (изменением положения направляющего ролика).

Корректировка диапазона измерения прибора при $P_{вх} = 0,1$ МПа (1 кгс/см²) осуществляется изменением числа рабочих витков пружины обратной связи (осторожным вращением фиксатора — скобы). Грубая настройка нуля прибора осуществляется винтом на приемном сильфоне.

В приборах типа ПК (рис. 32) изменение $P_{вх}$ вызывает изменение зазора между рычагом 3 приемного сильфона 2 и соплом 4, что приводит к изменению давления воздуха в линии сопла, а следовательно, в пневмоприводе 8. При этом перемещается мембрана 9 пневмопривода 8. Упирающийся в нее пор-

шень 10 прикреплен к рычагу 11, который поворачивает ролик 6 на угол, необходимый для достижения равновесия на рычаге между усилиями от давления в сильфоне 2 и пружины обратной связи 5. Углу поворота ролика соответствует пропорциональное перемещение указателя относительно шкалы. Рычаг 11 возвращается в первоначальное положение с помощью пружины 7 при $P_{вх} = 0,02 \text{ МПа}$ (0,2 кгс/см²).

Для настройки положения указателя на нуль служит винт корректора нуля 1.

Приборы типов ПВ3.2, ПВ10, применяемые в схемах автоматического регулирования, помимо измерительных устройств имеют станцию управления, состоящую из ручного задатчика ЗД и переключателя П (рис. 33). Узел

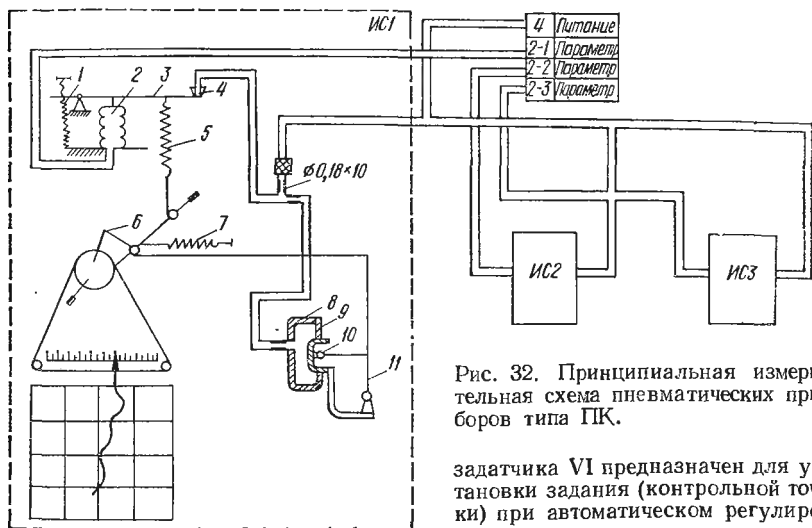


Рис. 32. Принципиальная измерительная схема пневматических приборов типа ПК.

задатчика VI предназначен для установки задания (контрольной точки) при автоматическом регулировании и изменения положения кла-

пана исполнительного механизма при ручном управлении.

Переключатель П состоит из пяти кнопок и предназначен для плавного перевода систем автоматизации технологических процессов в различные режимы: ручного управления с помощью задатчика прибора, непосредственно подключенного к исполнительному механизму; автоматического регулирования, при котором исполнительным механизмом управляет регулятор; автоматического программного регулирования, при котором задание регулятору поступает от специального прибора программного задатчика.

Кнопками «Р», «А», «АП» выбирают соответственно ручной, автоматический и автоматический программный режимы управления, кнопками «Откл.» и «Вкл.» управляют включением регулятора (работает в режимах «А» и «АП», в остальных режимах должен быть отключен).

При ведении технологического процесса переход из одного режима управления в другой осуществляется переключением кнопок станции в следующей последовательности:

1) ручное управление — нажимают кнопки «Р» и «Откл.», при этом отключаются клапаны I и II, сигнал от задатчика VI через усилитель VII и клапан I переходит к штуцеру 7 пневматического разъема и прибора, к штуцеру I на регулятор и шкалу клапана исполнительного механизма, регулируемая переменная подводится к штуцеру 2—1 прибора и к штуцеру 2 на регулятор;

2) промежуточное положение при переходе с ручного управления на автоматическое регулирование — нажимают кнопку «А», клапан I закрывается и отключает задатчик от исполнительного механизма, через клапан II давление от задатчика через штуцер разъема 5 поступает на шкалу задания прибора и в регулятор, при отключенном регуляторе (кнопка «Откл.» нажата) устанавливают задание равным переменной;

3) автоматическое регулирование — нажимают кнопку «Вкл.», при этом выключающее реле регулятора (штуцер 3) через клапан IV соединяется с атмосферой, выход регулятора (штуцер I) с исполнительным механизмом (штуцер 7) и его шкалой на приборе, задание от ручного задатчика поступает на регулятор и шкалу задания прибора;

4) промежуточное положение при переходе с автоматического на автоматическое программное регулирование — нажимают кнопку «Откл.» (кнопка А) включена), в выключающее реле (штуцер 3) поступает питание из клапана V на шкалу «Задание» и в регулятор идет сигнал от задатчика VI.

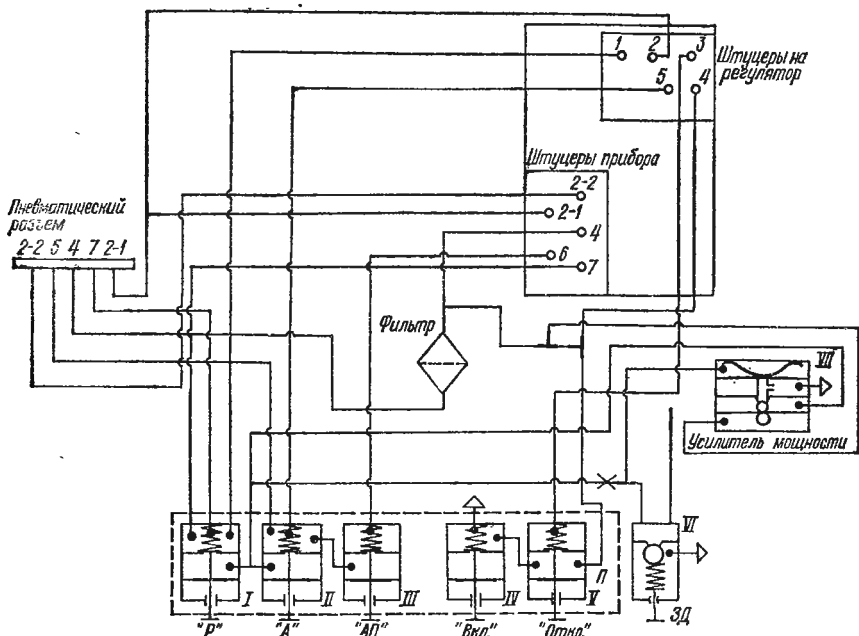


Рис. 33. Принципиальная схема станции управления пневматических приборов типов ПВ3.2, ПВ10.

Затем нажимают кнопку «АП» и, когда давление программного задатчика (шкала «Задание») сравнивается с давлением от ручного задатчика VI в момент его отключения, включают регулятор кнопкой «Вкл.»;

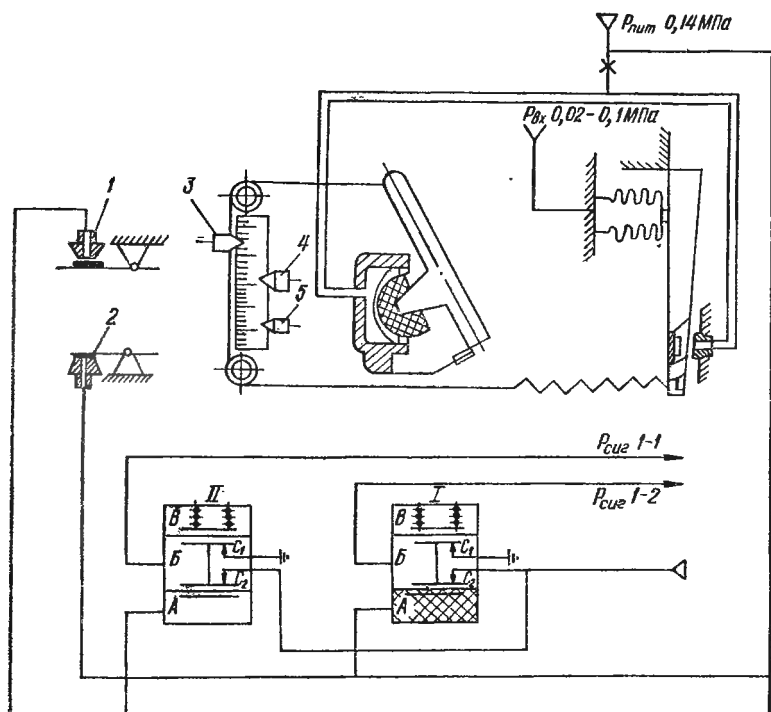
5) автоматическое программное регулирование — нажимают кнопки «АП» и «Вкл.», сигнал от программного задатчика через клапан III поступает в регулятор и на шкалу прибора, ручной задатчик отключается от регулятора и шкалы прибора (клапан II закрыт), регулятор управляет исполнительным механизмом по программе;

6) промежуточное положение при переходе с автоматического программного на автоматическое регулирование — нажимают кнопку «Откл.», затем кнопку «А» и ручным задатчиком устанавливают давление, равное давлению на программном задатчике в момент его отключения, затем нажимают кнопку «Вкл.»;

7) промежуточное положение при переходе с автоматического в ручной режим управления — нажимают кнопку «Откл.», кнопку «А» выключают, по шкале «Задание» ручным задатчиком устанавливают давление, равное давлению на шкале клапана исполнительного механизма, после чего нажимают кнопку «Р» и переходят на ручное управление.

Приборы ПВ2.2 (рис. 34) снабжены блоком сигнализации выхода параметра из рабочего диапазона. Предельные значения рабочего диапазона уста-

навливают с помощью двух сигнальных указателей, расположенных на шкале прибора. Измерительная схема прибора ПВ2.2 аналогична схеме, приведенной на рис. 31. Когда указатель переменной находится внутри рабочего диапазона между сигнальными стрелками 4 и 5 сопел 1 и 2, C_{21} и C_{2II}



а

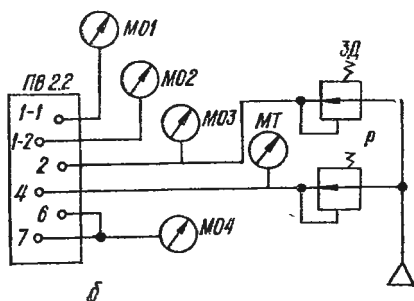
Рис. 34. Вторичный прибор типа ПВ2.2:

а — принципиальная измерительная схема; б — схема проверки.

открыты, сигнал на выход не поступает ($P_{\text{вых}} = 0$). При превышении параметром значения верхней границы рабочего диапазона зазор между соплом и заслонкой увеличивается, камера A_{II} сообщается с атмосферой, через открытое сопло C_{2II} на выход реле проходит сигнал 1, приводящий в действие какое-либо сигнальное устройство ($P_{\text{сиг}(1-1)} = 1$).

Как только параметр достигнет значения нижней границы рабочего диапазона, сопла C_{1I} и C_{2I} закроются, камера A_I сообщится с атмосферой и через открытое сопло C_{2I} на выходе снова появится сигнал 1 ($P_{\text{сиг}(1-2)} = 1$).

Предмонтажная проверка и регулировка вторичных пневматических приборов включает: внешний осмотр, проверку влияния измерения давления питания на показания прибора, определение основной погрешности



б

и вариации; для самопишущих приборов — определение погрешности хода диаграммы и отклонения линии записи на неподвижной и движущейся диаграмме, проверку срабатывания сигнального устройства, работы станции управления и задатчика.

Основную погрешность и вариацию измерительного устройства пневматического прибора определяют для оцифрованных отметок шкалы (см. рис. 31, б). К пневмоштуцеру 4 с помощью задатчика ЗД1 подают давление $P_{\text{лит}} = 0,14$ МПа (1,4 кгс/см²), контролируя его техническим манометром МТ. Измеряемый параметр в виде давления воздуха $P_{\text{вх}}$ с помощью задатчика ЗД2 подают на пневмоштуцер 2 и контролируют образцовым манометром М02. Задатчиком ЗД2, увеличивая $P_{\text{вх}}$, устанавливают указатель прибора на проверяемую отметку, не переходя через нее. Записывают показания при нарастании $P_{\text{вх}}$, а затем при его снижении. Сравнивают измеренное и расчетное значения давлений $P_{\text{вх}}$ для проверяемой отметки.

Расчетные значения $P_{\text{вхр}}$ для проверяемых отметок линейной шкалы следующие:

% шкалы диаграммы	Давление $P_{\text{вхр}}$, МПа (кгс/см ²)	% шкалы диаграммы	Давление $P_{\text{вхр}}$, МПа (кгс/см ²)
0	0,020 (0,2)	60	0,068 (0,68)
20	0,036 (0,36)	80	0,084 (0,84)
40	0,052 (0,52)	100	0,10 (1,0)

При квадратичной зависимости между входным сигналом и показанием прибора (приборы, применяемые для измерения расхода) расчетное значение $P_{\text{вхр}}$ определяют по формуле

$$P_{\text{вхр}} = 0,02 + \left(\frac{A_{\text{и}} - A_{\text{н}}}{A_{\text{к}} - A_{\text{н}}} \right)^2 0,08,$$

где $A_{\text{и}}$, $A_{\text{н}}$, $A_{\text{к}}$ — соответственно значения проверяемой, начальной и конечной отметок шкалы, МПа.

Основная погрешность, %,

$$\gamma = (P_{\text{вхр}} - P_{\text{вхд}}) 100 / (P_{\text{к}} - P_{\text{н}}),$$

где $P_{\text{вхр}}$, $P_{\text{вхд}}$ — соответственно расчетное и действительное значения $P_{\text{вх}}$ (показания М02), соответствующие проверяемой отметке; $P_{\text{к}} - P_{\text{н}}$ — диапазон изменения входного сигнала, т. е. 0,08 МПа (0,8 кгс/см²).

Вариацию, %, определяют по формуле

$$B = (P'_{\text{вхд}} - P''_{\text{вхд}}) 100 / (P_{\text{к}} - P_{\text{н}}),$$

где $P'_{\text{вхд}}$, $P''_{\text{вхд}}$ — действительные значения $P_{\text{вх}}$ (показания М02) на одной и той же проверяемой отметке шкалы при его повышении и понижении.

При определении основной погрешности и вариации прибор должен выдерживаться в течение 5 мин на верхнем пределе.

Для проверки погрешности хода диаграммы включают привод, в момент нахождения пера на любой линии наносят на диаграмму метку и включают секундомер. Вторую метку ставят при прохождении пером линии времени на диаграмме, отстоящей от первой на время не менее 100 мин, и одновременно выключают секундомер. Погрешность хода диаграммы определяют по формуле

$$\gamma_{\text{д}} = (T_{\text{д}} - T) 1440 / T,$$

где T_d — время, отсчитанное по диаграмме, мин; T — время, отсчитанное по секундомеру, мин;

Значение погрешности γ_d не должно превышать 5 мин в сутки.

Для проверки влияния изменения давления питания на показания прибора на штуцер 2 подают давление, равное 0,06 МПа (0,6 кгс/см²). Изменяя давление питания от величины 0,126 до 0,154 МПа (от 1,26 до 1,54 кгс/см²), определяют погрешность показаний прибора, она не должна превышать половину допустимой основной погрешности.

Для проверки отклонения линии записи на неподвижной диаграмме давление воздуха изменяют от 0,02 до 0,1 МПа (от 0,2 до 1 кгс/см²) и проверяют отклонение отчерченной линии от расчетной, оно не должно превышать 0,5 мм (при ширине диаграммы 100 мм). Проверка отклонения линии записи на подвижной диаграмме проводится при нулевом, среднем и максимальном значениях сигнала при продвижении диаграммы на расстояние не менее 200 мм. Это отклонение не должно превышать 1/3 значения допустимой основной погрешности.

У пневматических приборов со встроенным сигнальным устройством при проверке основной погрешности сигнальные стрелки устанавливаются в крайние положения.

Для проверки сигнального устройства сигнальные стрелки устанавливают в пределах рабочей части диапазона изменений на оцифрованной отметке и задатчиком ЗД (рис. 34, б), увеличивая $P_{вх}$ указатель прибора, плавно подводят к сигнальной стрелке.

В момент появления (исчезновения) давления воздуха на выходе прибора (кл. 1—1) производят отсчет и запись показаний по $MO1$. Затем же производят при подводе указателя прибора с другой стороны и также фиксируют показания в момент исчезновения появления давления на выходе (кл. 1—2) по $MO2$.

Погрешность срабатывания сигнального устройства не должна превышать значений в процентах, численно равных следующему классу точности. Вариация срабатывания не должна превышать абсолютной величины основной допускаемой погрешности срабатывания.

Проверка станции управления приборов типа ПВ3.2 и ПВ10, предназначенных для использования в системах автоматического регулирования, проводится по схеме, приведенной на рис. 35. Перед проверкой необходимо заглушить все свободные штуцеры штекерного разъема и прибора, кроме штуцера 2. Установить вилку для подключения манометра $MT3$ к штуцеру 3 штекерного разъема. Проверку исправности кнопочного механизма начинают с проверки кнопок «Вкл.» и «Откл.» При нажатии на кнопку «Вкл.» давление на манометре $MT3$ должно быть равно нулю, при нажатии на кнопку «Откл.» — 0,14 МПа (1,4 кгс/см²). Для проверки исправности кнопки «АП» при нажатой кнопке «Р» устанавливают ручкой задатчика VII на шкале «Задание» давление, соответствующее 10 % шкалы, а редуктором $P1$ повышают давление по манометру $MT1$ до 0,09 МПа (0,9 кгс/см²). Показание прибора по шкале «Задание» при этом не должно измениться. При нажатии на кнопку «АП» указатель на шкале «Задание» должен переместиться в верхнюю ее часть. Возвратив указатель с помощью редуктора $P1$ на отметку «10 %» на шкале, снова нажимают кнопку «Р» и устанавливают ручкой задатчика VII указатель шкалы «Задание» на отметку «90 %». При повторном нажатии на кнопку «АП» указатель должен вернуться на отметку «10 %».

Для проверки исправности кнопки «Р» при нажатой кнопке «Р» ручкой задатчика устанавливают указатель шкалы «Клапан» на отметку «100 %».

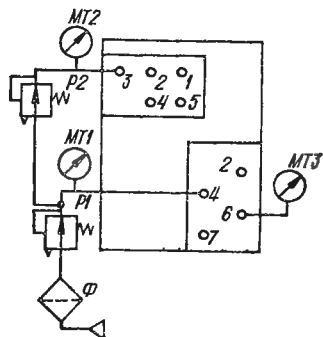


Рис. 35. Схема проверки станции управления пневматических приборов типов ПВ3.2, ПВ10.

Показания по шкалам «Клапан» и «Задание» при этом должны быть одинаковыми. Нажав кнопку «А» ручкой задатчика устанавливают указатель шкалы «Задание» на отметку «0 %», указатель шкалы «Клапан» при этом должен остаться в прежнем положении.

Основные неисправности вторичных пневматических приборов приведены в табл. 41.

41. Основные неисправности вторичных пневматических приборов

Неисправность	Причина	Способ устранения
Нет постоянства в показаниях прибора	Негерметичность соединительной линии и приемного сильфона	Обнаружить место утечки обмыливанием и устранить негерметичность
При подаче переменной величины перо и указатель не перемещаются или перемещаются вяло	Засорился пневмодроссель 3 (см. рис. 31) распределительной колодки Порвалась нить или сломалась одна из тяг 4 или 10 (см. рис. 31)	Вывернуть пробку и прочистить пневмодроссель иглой Заменить нить или тягу, входящие в комплект прибора
В приборе типа ПВ2.2 сигнал о достижении предельных значений не поступает на выход	Засорились сопла 10 или 11 (см. рис. 31)	Снять трубку и прочистить сопло иглой
В приборах типа ПВ3.2 и ПВ10 задатчик не обеспечивает напора давления до 1 кгс/см ²	Засорился постоянный дроссель задатчика	Прочистить дроссель иглой или заменить в нем капилляр
В приборах типа ПВ3.2 и ПВ10 включены одновременно две или три рядом расположенные кнопки	Случайно нажаты две кнопки или при нажатии одной из них соседняя не отжалась	Открыть крышку, вынуть лентопротяжный механизм и при отключенном регуляторе штифтом вернуть кнопки в исходное положение
Возникают автоколебания указателя или пера	Рычаг указателя отошел от направляющей	Прижать рычаг к направляющей
При давлении 0,2 кгс/см ² указатель располагается выше (ниже) начальной отметки шкалы	Смещение указателя с начальной отметки шкалы превышает значение, допустимое классом точности	Вращением винта корректора нуля под шкалой прибора установить указатель на начальную отметку

ТИПОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВТОРИЧНЫХ ПРИБОРОВ

Полупроводниковые усилители типа У1, У2, У3

Усилители предназначены для усиления напряжения рассогласования в общепромышленных автоматических потенциометрах, уравновешенных мостах, приборах с токовым входным сигналом и дифференциально-трансформаторной схемой ГСП.

Усилители типа У1Т, У2Т, У3Т предназначены для работы в приборах, поставляемых в районы с тропическим климатом; усилители типа У1 — для усиления сигналов рассогласования постоянного тока, усилители типа У2, У3 — для усиления сигналов рассогласования переменного тока.

Усилители типа У1, У2, У3 имеют следующие модификации:

У1-01, У1-01Т — для потенциометров, имеют устройство для подавления второй гармоники усиливаемого сигнала, плавную и дискретную регулировки коэффициента усиления;

У1-02, У1-02Т отличаются от предыдущих отсутствием устройства подавления второй гармоники усиливаемого сигнала;

У1-03, У1-03Т отличаются от усилителей У1-02, У1-02Т меньшим коэффициентом передачи напряжения и меньшей кратностью его регулировки, а также большим входным сопротивлением, отсутствием дискретного изменения коэффициента передачи напряжения;

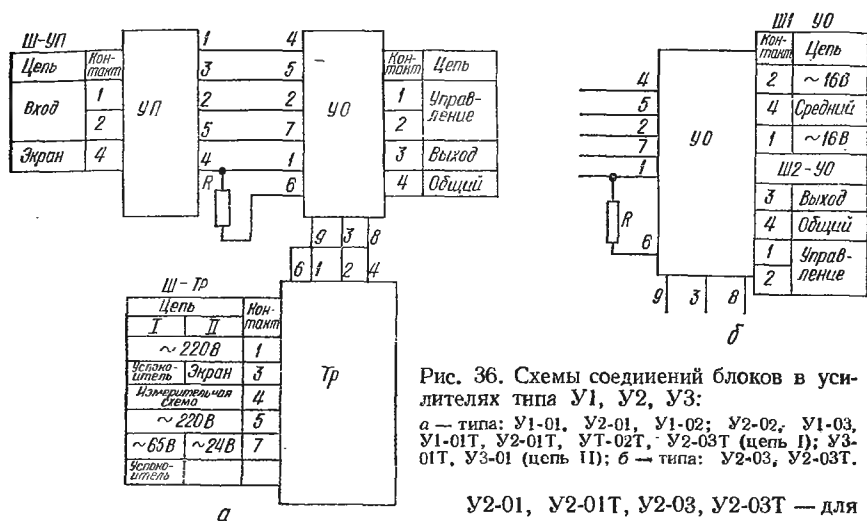


Рис. 36. Схемы соединений блоков в усилителях типа У1, У2, У3:

а — типа: У1-01, У2-01, У1-02; У2-02, У1-03, У1-01Т, У2-01Т, УТ-02Т, У2-03Т (цепь I); У3-01Т, У3-01 (цепь II); б — типа: У2-03, У2-03Т.

У2-01, У2-01Т, У2-03, У2-03Т — для уравнированных мостов переменного тока, имеют устройство для подавления

квадратурной составляющей усиливаемого сигнала;

У2-02, У2-02Т от предыдущих отличаются отсутствием устройства для подавления квадратурной составляющей усиливаемого сигнала;

У3-01, У3-01Т — для приборов с дифференциально-трансформаторной измерительной схемой или приборов ферродинамической системы, в них от-

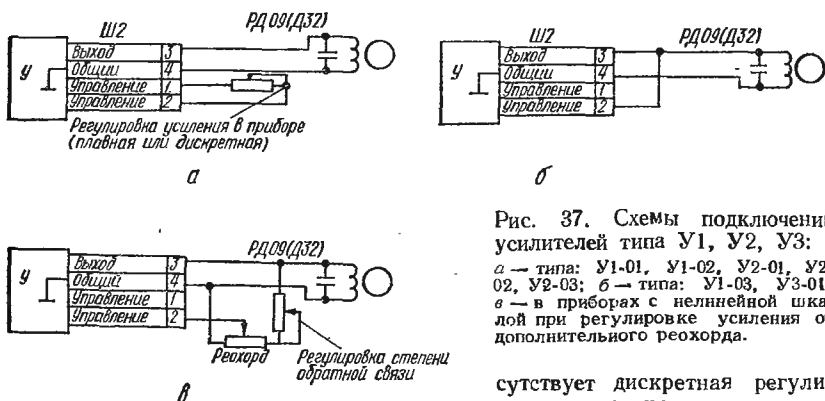


Рис. 37. Схемы подключений усилителей типа У1, У2, У3:

а — типа: У1-01, У1-02, У2-01, У2-02, У2-03; б — типа: У1-03, У3-01; в — в приборах с нелинейной шкалой при регулировке усиления от дополнительного реохорда.

существует дискретная регулировка усиления.

Питание усилителей осуществляется от сети переменного тока частотой 50 ± 1 Гц или $60 \pm 1,5$ Гц напряжением $220 \pm 10\%$ В. Выходное напряжение — 9—14 В.

Технические характеристики усилителей различных модификаций приведены в табл. 42.

42. Технические характеристики усилителей типа У1, У2, У3

Модификация усилителя	Коэффициент передачи напряжения, не менее	Смещение нуля, мкВ, не более	Выходное сопротивление, Ом, не более	Входное напряжение при перегрузке, мВ, не более
У1-01, У1-01Т У2-01, У2-01Т У2-03, У2-03Т У1-02, У1-02Т У2-02, У2-02Т	$2,2 \cdot 10^5$	5	10^3	6,8
У1-03, У1-03Т У3-01, У3-01Т	$1,0 \cdot 10^3$ $1,5 \cdot 10^3$	1000 200	10^5	1000

43. Наполнение функциональных блоков усилителей типа У1, У2, У3

Обозначение блока	Назначение блока	Схемные особенности блока	Применяемые в блоке унифицированные модули
УП	Потенциометры	Подавление второй гармоники усиливаемого сигнала	Модулятор малых сигналов; входной трансформатор; модулирующий трансформатор; выпрямитель; прерыватель
УП	Потенциометры		Модулятор малых сигналов; входной трансформатор; модулирующий трансформатор; выпрямитель
УП	Потенциометры с унифицированным напряжением входным сигналом		Модулятор больших сигналов; модулирующий трансформатор; выпрямитель
УП	Мосты переменного тока	Подавление квадратурной составляющей и второй гармоники усиливаемого сигнала	Входной трансформатор; модулирующий трансформатор; выпрямитель, прерыватель
УП	Мосты переменного тока		Входной трансформатор; выпрямитель
УП	Приборы с дифференциально-трансформаторной схемой	Подавление квадратурной составляющей усиливаемого сигнала	Модулирующий трансформатор; выпрямитель; прерыватель
УО	Приборы с исполнительным двигателем РД09 или Д32		Переходной трансформатор

Конструкция усилителей выполнена по блочно-модульному типу и представляет собой набор функциональных блоков: усилитель предварительный УП, усилитель оконечный УО, трансформатор Тр.

Блок УП выполнен в виде печатной платы с размещенными на ней элементами схемы, оконечный усилитель УО — на двух печатных платах, трансформатор Тр — на магнитопроводе ШЛМ 20 × 25. Внешние соединения

функциональных блоков осуществляются с помощью штепсельных разъемов, межблочные — контактами.

Наполнение функционального блока унифицированными модулями в зависимости от назначения приведено в табл. 43.

Схемы соединений блоков в усилителях приведены на рис. 36.

Схемы включения выходной и управляющей цепей отдельных модификаций усилителей в приборах приведены на рис. 37.

Если нормальная работа прибора может быть получена при крайнем левом положении регулятора усиления либо вообще не может быть получена, к цепи управления (контакты 1 и 2 штепсельного разъема Ш2) следует подключить внешний резистор в соответствии с рис. 37. Номинальную чувствительность резистора следует подобрать так, чтобы требуемая чувствительность прибора устанавливалась при среднем положении регулятора.

Реверсивные двигатели

Эти двигатели используются в электронных автоматических мостах, потенциометрах и приборах с токовым и дифференциально-трансформаторным входом для осуществления следящего уравнивания измерительной схемы и перемещения указателя прибора.

В указанных приборах применяются электрические двигатели типов РД-09 и Д32. Реверсивные двигатели являются асинхронными управляемыми конденсаторными двигателями с короткозамкнутым ротором и встроенным редуктором.

Статор электродвигателя типа Д32 состоит из двух обмоток, каждая из которых имеет две пары явно выраженных полюсов, собранных из пластин электротехнической стали. После установки в корпусе статор представляет собой замкнутое кольцо из катушек.

Обмотки управления и возбуждения имеют по четыре катушки, каждая из которых соединена последовательно. Исключение составляют двигатели

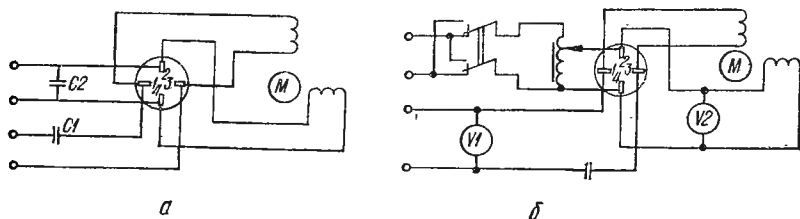


Рис. 38. Схемы включения реверсивного двигателя типа Д32:

а — схема подключения при работе с электронным или полупроводниковым усилителем; б — схема для определения напряжения трогания: $V1$ и $V2$ — вольтметры переменного тока с диапазоном измерения 0—15 В и классом точности 1,0.

с обмоткой управления на 36 и 12 В. В двигателях на 36 В все четыре катушки обмотки управления соединены параллельно, в двигателях на 12 В — по две группы катушек обмотки управления соединены параллельно.

Катушки обмотки статора намотаны: на 127 В и 36 В проводом ПЭТВ $\varnothing 0,125$ по 1900 витков каждая; на 12 В проводом ПЭТВ $\varnothing 0,224$ по 750 витков каждая.

Концы обмоток выведены на клеммную колодку на корпусе двигателя.

Схемы включения двигателя приведены на рис. 38, основные технические характеристики приведены в табл. 44.

При работе двигателя в схеме прибора с электронным или полупроводниковым усилителем обмотка возбуждения включается в сеть через фазосдвигающий конденсатор $C1$, а обмотка управления — к выходу усилителя. Емкость конденсатора $C2$ в цепи управления зависит от типа двигателя. Для двигателя с напряжением питания обмотки управления 12 В, работающего с полупроводниковыми усилителями типа УПД или У, $C2 = 100$ мФ, для двигателя с напряжением 36 В, работающего с усилителем 4УНФ1, — 15 мФ

44. Технические характеристики двигателя типа Д32

Тип двигателя	Напряжение трогания, В, не более	Напряжение питания, В		Частота вращения выходного вала, об/мин, не более		Переда-точное отношение редуктора
		цепи обмотки возбуждения	цепи обмотки управления	при холостом ходе	при номинальном моменте	
Д32-П1	0,6	127	12	27 81	24 72	1 : 45 1 : 45
Д32-П2	1,8	127	36	27 81	24 72	1 : 45 1 : 45
Д-32	4,6	127	127	27 81	24 72	1 : 45 1 : 15

45. Технические характеристики двигателя типа РД-09

Напряжение трогания, В, не более	Напряжение питания, В		Частота вращения выходного вала при холостом ходе, об/мин, не более	Переда-точное отношение редуктора
	цепи обмотки возбуждения	цепи обмотки управления		
10	127	127	185 76 30 15,5 8,7 4,4 2,5 1,75	1 : 6,25 1 : 15,62 1 : 39,06 1 : 76,56 1 : 137 1 : 268 1 : 478 1 : 670

(усилители типов УПД и 4УНФ1 использовались в приборах 1960—1970 гг. выпуска).

Реверсирование двигателя происходит при изменении фазы напряжения, подаваемого на обмотку управления.

Проверка работоспособности реверсивного двигателя заключается в измерении электрического сопротивления изоляции обмоток и определения напряжения трогания.

При измерении электрического сопротивления изоляции обмоток испытательное напряжение 500 В прикладывается между соединенными накоротко клеммами 2—4 и 1—3, а затем между соединенными накоротко клеммами 1—2—3—4 и корпусом.

Определение напряжения трогания проводится по схеме, приведенной на рис. 38, б, при холостом ходе, левом и правом направлениях вращения двигателя.

На обмотку возбуждения должно быть подано номинальное напряжение питания, напряжение на обмотке управления двигателя должно быть плавно увеличено от нуля до напряжения, при котором выходной вал начинает вращаться. Это напряжение принимается за напряжение трогания.

Электродвигатель типа РД-09 имеет устройство, принцип действия, объем и методики проверки которого аналогичны двигателю Д-32.

Основные технические характеристики двигателей типа РД-09 приведены в табл. 45.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПРИБОРОВ

Чистка реохорда. Засорение реохорда продуктами износа контакта, пылью приводит к частичной потере чувствительности и к неустойчивым показаниям прибора. Поэтому периодически (не реже раза в квартал) необходимо чистить спирали реохорда и контакты щеточкой, смоченной в бензине или спирте, после чего насухо протирать сухой замшей (ни в коем случае бумагой или тряпкой!).

Заправка записывающего устройства чернилами производится в случае ухудшения записи. Чернила для самопишущих устройств одноточечных при-

боров изготавливает в централизованном порядке завод бытовой химии в г. Каунасе. При необходимости чернила (красные) можно приготовить по следующему рецепту.

Для пониженных и средних температур (от 14 до 38 °С):

Эозин-натрий (красный краситель), г	1,0
Глицерин дистиллированный, г	2,0
Сахар, г	4,0
Фенол, г	0,15
Вода дистиллированная, г	100,0

Для повышенных температур количество сахара доводят до 5,0 г на 100,0 г чернил.

Чернила готовят следующим образом.

Эозин-натрий разводят небольшим количеством дистиллированной воды, подогретой до 80—100 °С, горячий раствор фильтруют через вату. Подогревая и помешивая, растворяют в оставшейся воде сахар, фильтруют в раствор эозина-натрия, затем добавляют фенол.

Для получения чернил другого цвета эозин заменяют другим красителем: для фиолетовых — метил-фиолетом (0,6 г); для зеленых — бриллиантин-грюн (2,6 г).

Добавка глицерина и спирта позволяет регулировать скорость высыхания чернил и вязкость раствора. Если из-за неудовлетворительного качества бумаги чернила расплываются, рекомендуется добавить сахар до исчезновения этого явления.

Фетровые секторы печатающих устройств можно пропитывать краской, приготовленной по следующему рецепту, г: олеиновая кислота — 0,5; метил-фиолет — 0,3; литографская краска № 740 — 2; дибутилфталат — 4; касторовое масло — 4.

Для приготовления краски смешивают олеиновую кислоту с метил-фиолетом, а дибутилфталат — с касторовым маслом. Затем тщательно растирают литографскую краску в смеси дибутилфталата с касторовым маслом. После этого оба раствора сливают, тщательно перемешивают и полученную краску фильтруют через 2—3 слоя марли.

Перед пропиткой секторы необходимо погрузить на 1 ч в бензин или дибутилфталат, затем — в краску на 3 ч, после чего дать стечь лишней краске и отжать в чистой мягкой тряпке.

Чистка и промывка пера. Чистку пера следует произвести специальной иглой (проволочкой), имеющейся в ЗИПе прибора, а затем прогнать чернила через перо, создавая избыточное давление в чернильнице с помощью спринцовки.

Периодически, не реже одного раза в месяц, необходимо промыть чернильницу и капилляр с пером водой (желательно дистиллированной). При необходимости замены пера его необходимо вытолкнуть из капилляра, нажав на верхний конец. Новое перо необходимо вставить в отверстие рычага каретки до упора его в буртик, а на второй конец надеть капилляр так, чтобы в месте крепления перо не имело продольного люфта.

Печатающий барабан и многоточечные приборы чистят щеткой, смоченной в олеиновой кислоте, после чего его протирают чистой тряпочкой. Для удобства каретка располагается в средней части шкалы и из нее вынимают обойму со смазывающими секторами.

Смазка и чистка частей механизма прибора. При нормальной эксплуатации прибора периодически (не реже двух раз в год) очищают и смазывают его подвижные части. Для смазки используют приборное масло (ГОСТ 1805—76) и смазку ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267—74). Смазке подлежат подшипники пишущего устройства, каретки многоточечных приборов, барабана, оси зубчатых колес, направляющих роликов тросика и передачи на переключатель. При нормальных условиях работы не реже двух раз в год промывают полый вал привода диаграммного диска (у приборов типа КСЗ), после чего смазывают консистентной смазкой ЦИАТИМ-201.

Один раз в 3 мес необходимо менять смазку в подшипниках и шестернях редукторов реверсивного и синхронного двигателей.

Чистка и смена щеток переключателей многоточечных приборов производится мягкой щеткой, смоченной в этиловом спирте. При износе контактов щеток заменяют движок с контактами новым, находящимся в приборе. После установки необходимо проверить, чтобы щетки не замыкали одновременно двух ламелей и соблюдалось соответствие между номером отпечатываемой точки, цветом записи, номером на оцифрованном барабане каретки и номером на лимбе переключателя.

При повреждении смотрового стекла прибора вставляют новое, применив для его крепления в крышке герметик УТ-32.

Состав герметика УТ-32, мас. частей: паста У-32—100; паста № 9—9—12; дифенилгуанидин (ДФГ) — 0,44—0,8.

Для приготовления герметика необходимо тщательно перемешать пасту № 9 с ДФГ, переложить смесь в пасту У-32 и перемешивать в течение 5—10 мин до получения однородной массы серого цвета.

Стекло и место соединения крышки со стеклом должны быть обезжирены. Герметик при помощи шприца или шпателя наносят на крышку. Выдержка герметика после сборки крышки со стеклом — 48 ч при комнатной температуре.

Глава 6

АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ И РЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Приборы регулирующие серии Р25 системы «Контур»

Приборы выполняют следующие функции: суммирование сигналов, поступающих от измерительных преобразователей с естественными электрическими выходными сигналами; введение информации о заданном значении величины; формирование и усиление сигнала рассогласования; управление исполнительным механизмом с постоянной скоростью перемещения; формирование пропорционально-интегрального и пропорционально-интегрально-дифференциального законов регулирования; ручное (дистанционное) управление исполнительным механизмом; преобразование сигналов от дифференциально-трансформаторного преобразователя в сигнал постоянного тока.

В зависимости от вида и диапазона измерения входного сигнала, вида и качества подключаемых к приборам измерительных преобразователей выпускаются следующие модификации приборов:

Р25.1 — сигнал переменного тока частотой 50 Гц от 0 до 0,5 В (подключение от 1 до 3 дифференциально-трансформаторных измерительных преобразователей);

Р25.2 — изменение активного сопротивления термопреобразователя сопротивления (подключение 1 или 2 термопреобразователей сопротивления);

Р25.3 — изменение термо-ЭДС от 0 до 50 мВ (подключение одного термо-электрического преобразователя градуировок ХК (L), ХА (A), ПП (S), ПР).

Эти модификации выпускаются двух исполнений:

-1 — без индикатора положения рабочего органа исполнительного механизма;

-2 — с индикатором положения.

Прибор содержит следующие основные блоки: измерительный (Р-012 или Р-013), регулирующий (Р-011), трансформатор питания.

Блоки Р-012 или Р-013 в зависимости от модификации прибора суммируют сигналы от датчиков, вводят сигналы задания, преобразуют сигналы датчика положения рабочего органа исполнительного механизма в сигнал постоянного тока и формируют напряжение питания.

Блок Р-012 используется в приборах модификации Р25.1 и Р25.2. Различия схемы блока образуются за счет различной коммутации на штепсельном разъеме и ряда дополнительных резисторов в цепях корректора и регулировки

чувствительности ($K1$, $K2$, $K3$). Блок Р-013 используется в приборе модификации Р25.3.

Блок Р-011 формирует закон регулирования и производит коммутацию выходных цепей.

Органы управления, контроля и настройки приборов серии Р25. Органы управления расположены на передней панели каркаса (рис. 39) и включают в себя: переключатель режимов управления 1 («Ручное» — «Автоматическое»); переключатель управления исполнительным механизмом 2 ($\downarrow$ — меньше, $\uparrow$ — больше); индикатор положения исполнительного механизма 3; задатчик 4 (потенциометр «Задание»).

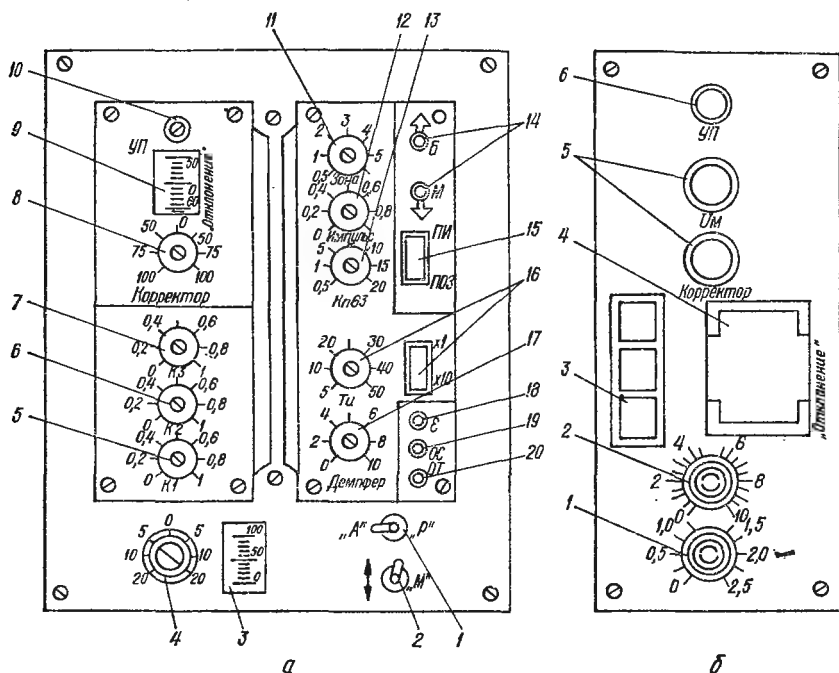


Рис. 39. Передняя панель прибора, регулирующего серии Р25:

а — субблок Р-012, субблок Р-011 и каркас; б — субблок Р-013.

Органы настройки и контроля расположены на панелях блоков. На блоке Р-012 находятся: три потенциометра $K1$ — $K3$, соответственно 5, 6, 7 для изменения чувствительности по каждому каналу; потенциометр «Корректор» 8 для балансировки блока при любом значении сигнала регулируемого параметра; индикатор «Отклонение» 9 для отображения отклонения регулируемого параметра от заданного значения; потенциометр «УП» 10 для подстройки верхнего предела шкалы индикатора положения исполнительного механизма.

На блоке Р-011 находятся: потенциометр «Зона» 11 для изменения зоны нечувствительности прибора; потенциометр «Импульс» 12 изменения длительности включения в импульсном режиме; потенциометр $K_{нз}$ 13 для изменения коэффициента пропорциональности; светодиоды 14 для отображения направления действия регулирующего прибора (Б — «Больше», М — «Меньше»); переключатель режимов работы прибора 15 (ПИ — пропорционально-интегральный, $\square$ или ПОЗ — трехпозиционный); потенциометр и переключатель «Ти» 16 для изменения величины постоянной времени интегрирования плавно и дискретно; потенциометр «Демпфер» 17 для изменения

постоянной времени демифирования; гнезда «Е» 18 — для контроля сигнала отклонения; «ОС» 19 — для контроля сигнала обратной связи; «ОТ» 20 — общая точка блока.

На блоке Р-013 находятся: потенциометр «К» 1 для изменения чувствительности по каналу унифицированных сигналов тока и напряжения; задатчик, состоящий из потенциометра 2 плавного действия и трех кнопок 3 дискретного действия; индикатор «Отклонение» 4; два потенциометра 5, позволяющие осуществить подстройку прибора при смене градуировки термопары; потенциометр «УП» 6 для подстройки верхнего предела шкалы индикатора положения исполнительного механизма.

При невыполнении прибором изложенных выше функций, нарушениях нормальной работы системы регулирования, в которой задействован прибор, определяют правильность подключения прибора, по схеме внешних

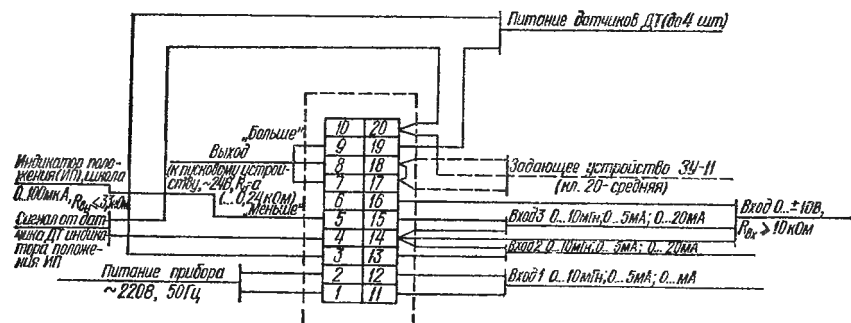


Рис. 40. Схема внешних соединений прибора модификации Р25.1.

соединений проверяют общую работоспособность прибора, его исправность, а также правильность установки необходимых параметров настройки.

Схемы внешних соединений прибора серии Р25. Прибор Р25.1 рассчитан на подключение от 1 до 3 дифференциально-трансформаторных датчиков, сигналы со вторичных обмоток которых подают (рис. 40) на входы 1, 2, 3 (клеммы 11—12, 13—14, 14—15), и одного датчика указателя положения (клеммы 4—20).

Питание первичных обмоток дифференциально-трансформаторных датчиков осуществляется с клемм 3—19. Обмотки при этом соединяются последовательно (рис. 41, а, б).

Внешнее задающее устройство подключается к клеммам 17—20—18. Диапазон изменения им задания составляет $\pm 10\%$ от пределов регулирования. Диапазон задания внутренним задатчиком при этом также составляет $\pm 10\%$.

При отсутствии внешнего задатчика клеммы 17—18 прибора соединяют перемычкой. При этом диапазон изменения задания внутренним задатчиком составляет $\pm 20\%$.

Для управления пусковыми устройствами используется напряжение постоянного тока 24 В от внутреннего источника, которое при срабатывании прибора подается с клемм 8—9 «Большее» или 7—8 «Меньше» или напряжение переменного тока 220 В от сети, фаза которого с клеммы 10 через внутренние ключи, клеммы 9 и 7, через катушку пускового устройства подается на нулевой провод сети.

В обоих случаях обмотки катушек пусковых устройств следует шунтировать RC-цепями, где $R1=R2=100 \text{ Ом}$ мощностью 25 Вт; $C1=C2=0,1 \text{ мкФ}$, $U=250 \text{ В}$.

Прибор Р25.2 (рис. 42) допускает следующие варианты подключения входных сигналов и датчиков:

два термопреобразователя сопротивления ТС1 (клеммы 11—12) и ТС2 клеммы (13—14). Клеммы 15 и 19 должны быть замкнуты перемычкой;

один термопреобразователь сопротивления ТС1 клеммы (11—12) и сигнал $0... \pm 10$ В клеммы (16—20), или сигнал постоянного тока $0...5$ мА или $0...20$ мА (клеммы 19—20). Клеммы 19—20 при этом шунтируются сопротивлением 56,2 Ом или 14,70 Ом соответственно.

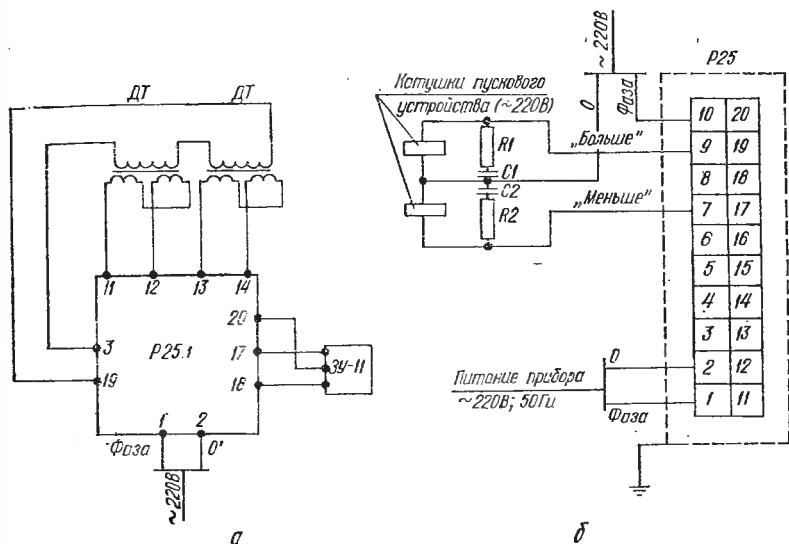


Рис. 41. Схема подключения к регулирующему прибору модификации Р 25.1 двух дифференциально-трансформаторных преобразователей и задающего устройства ЗУ-11 (а) и управления пусковыми устройствами (б).

Неиспользуемые клеммы, предназначенные для входных сигналов, во всех вариантах остаются свободными. Питание датчика положения исполнительного механизма осуществляется с клемм 3—20.

Прибор Р25.3 на клеммы 11—12, 14—15 предусматривает подключение (рис. 43) модуля компенсации температуры холодных спаев термоэлектри-

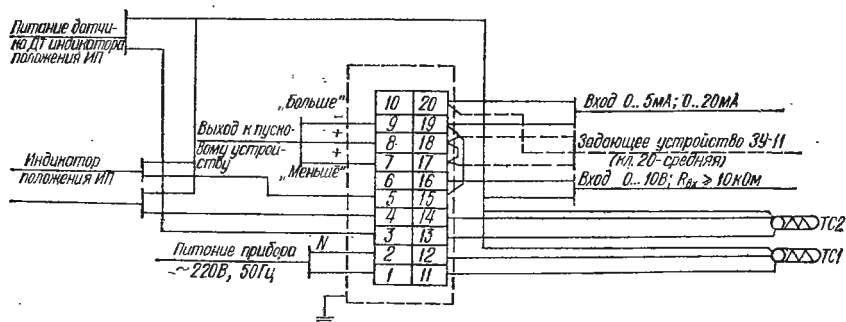


Рис. 42. Схема внешних соединений прибора модификации Р25.2.

ческого преобразователя МК-10. Термоэлектрический преобразователь подключается к специальным клеммам модуля. При использовании термоэлектрических преобразователей градуировок ХА (К) или ПП (S) на клеммы 19—20 ставится перемычка, при использовании термоэлектрического пре-

образователя градуировки ХК (L) перемычка не ставится. Сопротивление R1 составляет 10 Ом для термоэлектрических преобразователей градуировок ХК (L), ХА (K) и 2,27 Ом — для ПП (S).

Внешнее задающее устройство (ЗУ-11) подключается к клеммам 17—18—20:

Проверка основных характеристик приборов серии Р25. Измерение сопротивления изоляции. Не подключая прибор, проверяют сопротивление изоляции мегаомметром на 500 В. Отсчет производят не раньше 1 мин после приложения напряжения. Измерение производят:

а) между клеммой «Земля» и соединенными вместе клеммами 1—2; 3—5; 6—10; 11—20. Величина сопротивления должна быть не менее 40 МОм;

б) между соединенными вместе клеммами 1—2 и 6—10; 3—5; 11—20. Величина сопротивления должна быть не менее 2 МОм.

Проверить омметром (класс точности не ниже 2,5) входные сопротивления, величина которых должна составлять не менее 15 кОм между клеммами

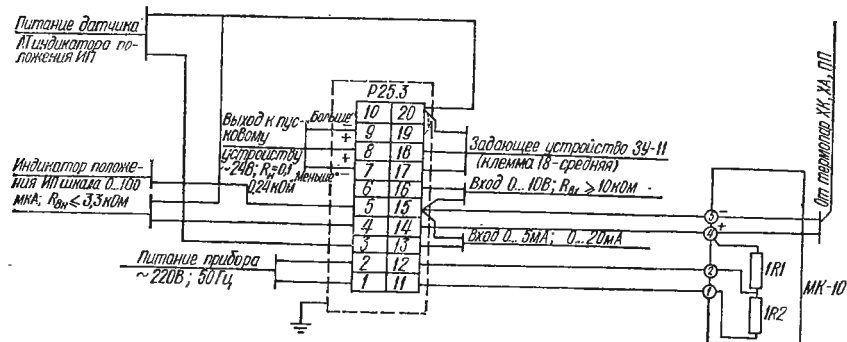


Рис. 43. Схема внешних соединений прибора модификации Р25.3.

16 и 14 (для приборов Р25.1), между клеммами 16 и 20 (для прибора Р25.2), между клеммами 16 и 15 (для прибора Р25.3) и не менее 200 Ом между клеммами 15 и 13 (для прибора Р25.3).

При установке шунтирующих резисторов на токовый вход соответствующее входное сопротивление обуславливается величиной сопротивления этих резисторов.

Проверка общей работоспособности приборов. Прибор Р25.1. Перед проверкой клеммы 17—18 на клеммнике прибора (см рис. 40) замкнуть перемычкой; к клеммам 7—8 и 8—9 подключить сопротивление 115 Ом 10 Вт; переключатель режимов управления установить в положение А — «автоматическое»; потенциометры K1, K2, K3 субблока Р-012 и ручки всех потенциометров субблока Р-011 установить в крайнее левое положение; ручку «Корректор» — в среднее положение; кнопку переключателя режимов работы 15 нажать, кнопку «ТИ» — отжать; на клеммы 1—2 подать напряжение 220 В.

Вращая ручку «Задание», добиться погасания световых индикаторов «Выход», т. е. добиться баланса прибора. Напряжение на клеммах 7—8 и 8—9 должно быть не более 0,5 В. Повернуть ручку «Задание» влево и вправо на 0,5 % относительно положения баланса. При этом должен включаться индикатор «Меньше» и «Больше» соответственно. Выходное напряжение постоянного тока на клеммах 7—8 и 8—9 соответственно должно быть 21—27 В. После этого ручку «Задание» возвращают в положение баланса. Напряжение на зажимах 7—8 и 8—9 не должно превышать 0,5 В.

Ручку «Зона» повернуть вправо до упора. Ручку «Задание» вращать вправо и влево относительно баланса на 2,5 %. Индикаторы «Больше» и «Меньше» должны включаться. Повернуть ручку «Зона» в левое положение, а ручку «Задание» — в положение баланса. Отжать кнопку переключателя режима работы, т. е. установить ПИ-закон регулирования. Ручку «КП₆₃»

повернуть вправо на 5 делений. Ручку «Задание» повернуть вправо или влево на 2—3 %, т. е. разбалансировать прибор. Один из индикаторов при этом должен на 6—12 с периодически включаться. Если при этом ручку «Импульс» повернуть вправо на несколько делений, длительность периодических включений индикатора и периоды между включениями должны увеличиваться. Если оставить ручку «Импульс» в крайнем левом положении, а ручку «ТИ» повернуть вправо на несколько делений, то увеличатся периоды между включениями индикатора. Длительность самых импульсов должна остаться прежней. Если нажать кнопку «ТИ», периоды времени между включениями должны увеличиться в 10 раз.

Переключатель режимов управления перевести в положение «Р» — ручное, затем ключ ручного управления поворачивать вправо или влево. При этом напряжения на выходных клеммах 7—8 и 8—9 соответственно должны быть 20—22 В.

Прибор Р25.2. Перед проверкой соединить перемычкой клемму 12 с клеммой 20 (см. рис. 42), клемму 17 — с клеммой 18; к клеммам 11—12 подключить магазин сопротивлений; ручки «К1», «К2», «К3» блока Р-012 и ручки всех потенциометров блока Р-11 установить в крайнее левое положение; кнопку переключателя режима работы на панели блока Р-011 нажать, кнопку «ТИ» — отжать.

Проверить мост первого термопреобразователя сопротивления (ТС1). Для этого установить на магазине сопротивлений 75 Ом, что соответствует сопротивлению термопреобразователя сопротивления при 100 °С. Ручку «К2» повернуть вправо до упора; ручку «Задание» — в среднее положение. Вращая ручку «Корректор» субблока Р-012, сбалансировать прибор. Убедиться в том, что при увеличении сопротивления магазина на 0,2 Ом включается индикатор «Меньше», а при уменьшении сопротивления магазина на 0,2 Ом — «Больше».

Проверить мост второго термопреобразователя сопротивлений (ТС2). Для этого установить на магазине сопротивлений 53 Ом, что соответствует сопротивлению термопреобразователя сопротивлений при 0 °С и подключить его к клеммам 13—14. Соединить перемычками клеммы 14—20 и —15—19, сняв перемычку с клемм 12—20. Ручку потенциометра «К2» перевести в крайнее левое положение, а потенциометра «К3» — вправо до упора. Сбалансировать прибор и проверить его работу при изменении сопротивления магазина на аналогично вышеприведенному для моста ТС1. В дальнейшем проверка проводится аналогично проверке прибора Р25.1.

Если индикаторы включаются при изменении сопротивления моста на величину больше 0,2 Ома, убедиться, что ручка «Зона» находится в крайнем левом положении, а ручки «К2» или «К3» — в крайнем правом положении при проверке соответствующего моста.

Прибор Р25.3. Перед проверкой клеммы 14 и 15 (см. рис. 43) соединить перемычкой; к клеммам 7—8 и 8—9 подключить нагрузочное сопротивление 115 Ом, 10 Вт; к клеммам 12—14 подключить сопротивление 10 Ом; переключатель рода работы установить в положение А — «Автоматический»; ручки «Задание», «К» и потенциометров субблока Р-011 установить в крайнее левое положение; кнопку переключателя режима работы нажать; кнопку широкодиапазонного задатчика и кнопку «ТИ» — отжать; подать напряжение 220 В на клеммы 1—2.

Вращая ручку «Корректор», добиться погасания световых индикаторов «Выход», т. е. добиться баланса прибора. Напряжение на клеммах 8—9 прибора должно быть не более 0,5 В. Установить «Корректор» поочередно в левое и правое крайнее положения. При этом должны загораться индикаторы «Меньше» и «Больше» соответственно. Напряжение на клеммах 7—8 и 8—9 прибора соответственно должно быть в пределах 21—27 В. Прибор сбалансировать ручкой «Корректор». При погашенных световых индикаторах напряжение на клеммах 7—8 и 8—9 должно быть не более 0,5 В.

С помощью ручки «Задание» подать сигнал, вызывающий полное перемещение вниз стрелки указателя «Отклонение» (50 мА). При этом значение сигнала «Задание» на клеммах 17—20 или 18—2 должно находиться в пределах 9—11 мВ. Дальнейшая проверка прибора проводится аналогично проверке прибора Р25.1.

Проверка действия «Корректора». Установить ручку «Корректор» в среднее положение и при закороченных клеммах 17—18 сбалансировать прибор задатчиком. Вращая ручку «Корректор» в крайние левое и правое положения, зафиксировать изменение напряжения на выходе субблока Р-012 между гнездами «Е» и «ОТ». Напряжение должно меняться в пределах от -10 В до $+10$ В (для прибора Р25.1); от -5 В до $+5$ В (для прибора Р25.2); от 0 до $+10$ В (для прибора Р25.3).

Градуировка шкалы задатчика. Устанавливая ручку задатчика поочередно на оцифрованные отметки, добиться компенсации его действия входным сигналом $\Delta X_{\text{вх}}$ (при $U_{\text{«Е-ОТ»}} = 0$ В). Чувствительность по соответствующему каналу установить максимальную (ручки «К1», «К2» или «К3» вправо до упора).

Шкала задатчика отградуирована в процентах от номинального диапазона изменения входного сигнала $\Delta X_{\text{вх,ном}}$, который составляет для приборов: Р25.1 — $(0 - \pm 0,5)$ В переменного тока; Р25.2 — $(0 - \pm 40)$ Ом; Р25.3 — $(0 - \pm 50)$ мВ термо-ЭДС.

Действительное значение оцифровки шкалы задатчика, %, определяется по формуле

$$ЗД = (\Delta X_{\text{вх}}) 100 / (\Delta X_{\text{вх,ном}}).$$

Проверка характеристик измерительного субблока. Изменить входной сигнал в пределах его номинального диапазона, зафиксировав его изменение (измеряется на гнездах «ОТ» и «Е»). Чувствительность по соответствующему каналу установить максимальную. Номинальные диапазоны изменения входного сигнала $\Delta X_{\text{вх,ном}}$ приведены в предыдущем пункте проверки, им соответствует номинальный диапазон изменения выходного сигнала $\Delta X_{\text{вых,ном}}$ измерительного субблока от (-10) до $(+10)$ В. По полученным данным строят графики зависимости $\Delta X_{\text{вых}} (U_{\text{«Е-ОТ»}}) = f(\Delta X_{\text{вх}})$ по всем имеющимся каналам прибора.

Коэффициент передачи измерительного субблока определяется выражением

$$K_{н.с} = \left(\frac{\Delta X_{\text{вых}}}{\Delta X_{\text{вх,ном}}} \right) \left(\frac{\Delta X_{\text{вх}}}{\Delta X_{\text{вх,ном}}} \right).$$

Необходимо вычислить несколько значений $K_{н.с}$ и в качестве расчетного при динамической настройке прибора применять среднюю арифметическую его величину.

Проверка зоны нечувствительности. Предварительно установить минимальную зону нечувствительности (ручка «Зона» — влево до упора), сбалансировать прибор корректором (задатчик в положении 0%). Изменяя входной сигнал плавным поворотом ручки задатчика, зафиксировать напряжения (клеммы «ОТ» и «Е»), соответствующие моментам срабатывания прибора в сторону «Больше» ($\Delta U'_{\text{вых}}$) и «Меньше» ($\Delta U''_{\text{вых}}$). Величина зоны нечувствительности определяется как разность: $(\Delta U'_{\text{вых}} - \Delta U''_{\text{вых}})$.

Измерения проводить при положении ручки «Зона» для каждого оцифрованного значения.

Проверка постоянной времени демпфирования. Предварительно определить величину $1,6\Delta U_{\text{вх}}^{\text{max}}$, где $\Delta U_{\text{вх}}^{\text{max}}$ — напряжение, соответствующее максимальной зоне нечувствительности и определенное при проведении проверки по п. 6. Предварительно сбалансировать прибор, установив ручку «Демпфер» в крайнее правое положение. По истечении 1 мин скачком изменить входной сигнал от нуля до величины $1,6\Delta U_{\text{вх}}^{\text{max}}$. По секундомеру фиксировать максимальное значение времени демпфирования, соответствующее времени от момента нанесения скачкообразного возмущения до появления сигнала «Больше».

Проверка оцифровки ручки «Кн». Предварительно определить величину $\Delta X_{\text{вх}} = 16\%$ (для приборов Р25.1 и Р25.2) или $\Delta X_{\text{вх}} = 6,4\%$ (для

прибора Р25.3) от его номинального диапазона $\Delta X_{\text{вх ном}}$ (см. п. 4). Это соответствует изменению напряжения на выходе измерительного субблока соответственно на 1,6 и 0,64 В. Сбалансировать прибор.

Устанавливая ручку «Кп» поочередно на оцифрованные отметки и нанося скачкообразное возмущение, равное $\Delta X_{\text{вх}}$, зафиксировать длительность первого включения t_1 . Значение K_p определяют по формуле $K_p = 0,1 t_1$.

Проверка оцифровки ручки «Ти». Сбалансировать прибор. Устанавливая ручку «Ти» поочередно на оцифрованные отметки, по методике (см. п. 4) нанести возмущения $\Delta X_{\text{вх}}$, причем зафиксировав длительность пяти импульсов, начиная со второго (t_n) и пяти пауз между включениями, начиная со второй (t_n). Определить средние арифметические значения t_n и t_n . Кроме этого, зафиксировать продолжительность первого импульса (t_1).

Значение постоянной времени определяют по формуле

$$T_n = t_1 t_n / t_n.$$

Проверка работы индикатора положения. Изменяя сигнал датчика положения исполнительного механизма от 0 до 0,5 В зафиксировать отклонение стрелки индикатора положения. Отклонение должно составлять не менее 90 % шкалы индикатора.

Статическая настройка приборов серии Р25. Проверить фазировку всех внешних цепей для согласования направлений изменения регулируемого параметра и движения исполнительного механизма, правильность включения конечных и путевых выключателей, работоспособность дистанционного управления.

Прибор Р25.2. Величины сопротивлений резисторов R_2 и R_3 подобраны так, что мосты термопреобразователей сопротивлений $TC1$ и $TC2$ настроены на температуру 100 и 0 °С соответственно.

В случае необходимости перестройку мостов можно осуществить заменой резисторов R_2 и R_3 , величины сопротивлений которых должны соответствовать величинам сопротивлений $TC1$ и $TC2$ при новых заданиях температуры. Резисторы R_2 и R_3 находятся на клеммнике под субблоком Р-011 и для их замены необходимо вынуть прибор из корпуса.

Изменение задания на температуру в процессе работы прибора осуществляется потенциометром «Корректор» субблока Р-012 и потенциометром «Задание» или внешним задающим устройством.

Прибор Р25.3. При заводе на клеммы 12—14 (см. рис. 43) устанавливается медное компенсационное сопротивление R_1 , которое соответствует типу термоэлектрического преобразователя, и составляет 10 Ом — для градуировок ХА (К) и ХК (L); 127 Ом — для градуировок ПП (S).

При работе с термоэлектрическими преобразователями градуировок ХА (К) и ПП (S) на клеммах 19—20 прибора устанавливается перемычка.

Выбор зоны нечувствительности. Значение зоны нечувствительности $\Delta\sigma$ следует выбирать равным половине допустимого отклонения регулируемой величины $\sigma_{\text{доп}}$. Причем $\Delta\sigma = 0,5 \sigma_{\text{доп}} S$, где S — крутизна характеристики датчика, мВ/°С. Уменьшение зоны нечувствительности улучшает качество регулирования за счет более точного поддержания параметра на заданном значении, однако частота срабатывания регулятора и исполнительного механизма увеличивается, что приводит к быстрейшему их износу.

Если при настройке системы пульсация регулируемой величины препятствует установке необходимой зоны нечувствительности, то влияние пульсаций уменьшают потенциометром «Демпфер».

Динамическая настройка приборов серии Р25. На субблоке Р-011 органы настройки позволяют осуществить независимо друг от друга настройку параметров.

Постоянная времени демпфера. Для сглаживания пульсаций, подавления помех желательно устанавливать ручкой «Демпфер» величину постоянной времени демпфирования, равной 2—5 с. Исключение составляет установка регулятора на объект с постоянной времени регулирования до 10 с.

Для проверки выbranной величины постоянной времени демпфера после балансировки прибора ручку «Зона» установить в крайнее правое положение, ручку «Задатчик» повернуть на 2° относительно положения баланса и измерить время между поворотом ручки «Задатчик» и включением индикатора «Выход». Это время примерно равно установленной постоянной времени демпфирования.

Коэффициент пропорциональности и постоянная времени интегрирования. Оптимальными параметрами органов динамической настройки будут такие значения коэффициента пропорциональности и времени интегрирования, при которых переходный процесс будет удовлетворять одному из критериев, например площадь под кривой переходного процесса минимальная.

Физически площадь под кривой переходного процесса определяет величину отклонения регулируемого параметра и время его существования.

Выбираются оптимальные параметры органов динамической настройки упрощенно двумя методами: организованного поиска на объекте и по «кривой разгона» (переходной характеристике) объекта.

Поиск осуществляют последовательным изменением параметров настройки K_p и T_i .

1. При максимальном значении T_i в несколько приемов увеличивают K_p , фиксируют кривые переходного процесса и по ним определяют площади. Фиксируют K_p , соответствующий минимальной площади.

2. При фиксированном значении K_p уменьшают T_i . При этом площадь сначала уменьшается, затем снова увеличивается. Фиксируют значение T_i , соответствующее минимальной площади.

Процедуру повторяют до тех пор, пока любое изменение K_p и T_i не будет приводить к увеличению площади.

Существует также способ выбора оптимальных параметров динамической настройки по «кривой разгона» [9; 17; 21].

Шкала $K_{п63}$ рассчитана для работы регулятора с ИМ с временем полного хода $T_{им} = 63$ с. При работе с ИМ с другим временем к шкале $K_{п63}$ определяют поправку. В этом случае новое значение отметок шкалы $K_p = (K_{п63} \times 63) / T_{им}$, где $K_{п63}$ — величина, отсчитанная на шкале.

Для проверки станции управления переключатель В1 переводят в ручной режим работы, а переключатель В2 — в положение «Б». При этом на зажимах 8—9 должно появиться напряжение 22—29 В. При переключении переключателя В2 в положение «М» это напряжение — на зажимах 7—8.

Определение и устранение неисправностей прибора серии Р25. При нарушениях нормальной работы системы регулирования, в которой задействован прибор Р25, необходимо:

проверить наличие напряжения питания на клеммах 1—2 прибора; проверить правильность подключения преобразователей в соответствии со схемой внешних соединений; при отсутствии внешнего задатчика в приборах Р25.1 и Р25.2 проверить наличие перемычки между клеммами 17—18; проверить правильность подключения исполнительного механизма и его пускового устройства. При использовании выхода по переменному току проверить наличие напряжения питания фазы на клемме 10.

При дальнейших нарушениях нормальной работы неисправности следует искать в самом приборе. Они могут быть вызваны нарушением контактов, обрывом монтажных проводов, неисправностью переключателей и потенциометров, неисправностью блоков Р-011, Р-012 или Р-013 и трансформатора питания.

Обнаружение неисправностей внутри прибора проводят в следующем порядке:

внешним осмотром проверяют наличие контактов и целостность соединительных проводов; затем проверяют наличие переменных напряжений на клеммах 9—13 прибора Р25.1 и клеммах 3—20 приборов Р25.2 и Р25.3. (при отключенных внешних цепях эти напряжения должны быть около 40 В и около 14 В соответственно).

Проверяют наличие переменного напряжения 45 В на клеммах 20—31

блоков Р-012 прибора Р25.1 и +8 В на клемме 22 и —8 В на клемме 23 субблока Р-012 прибора Р25.2.

Проверяют напряжение между клеммами 28 и 29 блока Р-011 при повороте ручки потенциометра «Корректор». Это напряжение при полном повороте ручки от крайнего левого до крайнего правого положений должно изменяться: в приборе Р25.1 (от (—10) до (+10) В; в приборе Р25.2 (от —5) до (+5) В; в приборе Р25.3 при нажатии всех кнопок от 0 до величины не менее 10 В.

Ниже приведены наиболее характерные неисправности приборов серии Р25 и причины их появления.

Неисправность	Причина
Прибор не балансируется задатчиком при отсутствии входных сигналов; не светится ни один из индикаторов	Нет питания +15 В на субблоке Р-011. Неисправность стабилизатора субблоков Р-012 (Р-013). Неисправность схемы моста задатчика. Неисправна схема моста «Заданне — Корректор»
светится один индикатор	Неисправен регулирующий субблок. Неисправен стабилизатор
светятся оба индикатора	Неисправна или не нажата кнопка «Режим» субблока Р-011
во время балансировки наблюдается пульсирующий режим	Датчики включены неправильно; диапазон задатчика не соответствует техническим характеристикам
Прибор не балансируется задатчиком при наличии входных сигналов	Обрыв в цепи питания датчиков; неисправность в измерительной схеме прибора
Прибор не реагирует на изменение регулируемой величины	Недостаточен коэффициент передачи измерительного субблока; неисправен регулирующий субблок; обрыв цепи ручного управления; неисправны переключатели В1 и В2
Минимальная зона нечувствительности больше указанной в технической характеристике. Не действует или неправильно действует ручное управление	Не задействована цепь питания датчика положения. Обрыв в цепи сигнала. Неисправна фазировка обмоток датчика. Неисправен субблок Р-012 или микроамперметр
Не действует индикатор положения исполнительного механизма	

Приборы регулирующие серии РС29 системы «Контур-2»

Комплекс приборов и устройств «Контур-2» предназначен для построения локальных систем автоматического регулирования. Приборы комплекса «Контур-2» заменяют приборы системы «Контур» (Р25; К16; К26). Комплекс «Контур-2» состоит из многофункциональных приборов регулирующих компактных с импульсным выходом РС29 (14 исполнений) и усилителей трехпозиционных У29 (2 исполнения). Приборы РС29 по сравнению с приборами системы «Контур» характеризуются расширенными функциональными возможностями, более широким использованием сигналов постоянного тока, повышенной точностью и надежностью, меньшими габаритными размерами и массой. Серийное производство приборов исполнений РС29.012; РС.1.12; РС29.2.32; РС29.2.33; РС29.3.42; РС29.3.43 начато с 1986 г. Приборы исполнений РС 29.0.42; РС29.0.43; РС29.1.42; РС29.1.43; РС29.2.22; РС29.2.23 серийно выпускаются с 1987 г.

В зависимости от модификации и исполнения приборы (табл. 46, 47) выполняют следующие функции:

46. Виды входных сигналов приборов серии РС29

Модификация прибора	Исполнение прибора	Вид и номинальный диапазон изменения входных сигналов
РС29.0	РС29.011 РС92.012	Унифицированные сигналы постоянного тока 0—5 мА, 0—10 В; 0—0,1 В; 0—1 В Изменение активного сопротивления термопреобразователя сопротивления ТС на 40 Ом Сигнал переменного тока от реостатного или индуктивного датчика указателя положения исполнительного механизма
	РС29.0.42 РС29.0.43	Унифицированные сигналы постоянного тока 0—5; 0—20; 4—20 мА; 0—10; 0—1 В Сигнал от реостатного датчика указателя положения исполнительного механизма
РС29.1	РС29.1.11	Изменение взаимной индуктивности дифференциально-трансформаторного преобразователя на 10 мГн в пределах от (—10) до (+10) мГн Унифицированные сигналы постоянного тока 0—5 мА, 0—0,1 В, 0—10, 0—1 В
		Изменение активного сопротивления термопреобразователя сопротивления ТС на 40 Ом Сигнал переменного тока от реостатного или индуктивного датчика указателя положения исполнительного механизма
	РС29.1.42 РС29.1.43	Сигналы от дифференциально-трансформаторных преобразователей те же, что в исполнении РС29.1.11(12) Унифицированные сигналы постоянного тока 0—5 мА, 0—20 мА; 0—1 В, 0—10 В Сигнал от реостатного датчика указателя положения исполнительного механизма
	РС29.2.22 РС29.2.23 РС29.2.32 РС29.2.33	Изменение активного сопротивления ТС с градуировкой 50 М, 100 М, 23, соответствующее изменению температуры на 100 °С Унифицированные сигналы постоянного тока 0—5 мА; 0—10 В Сигнал от реостатного датчика указателя положения исполнительного механизма
РС29.3	РС29.3.42 РС29.3.43	Изменение термо-ЭДС преобразователей термоэлектрических градуировок ХК (L); ХА (K); ПП (S); ПР (В) на 10 мВ в пределах от 0 до 50 мВ Унифицированные сигналы постоянного тока 0—5 мА, 0—10 В Сигнал от реостатного датчика указателя положения исполнительного механизма

47. Диапазоны изменения входных сигналов, входные сопротивления и масштабные коэффициенты передачи приборов модификаций РС29.0 и РС29.1

Исполнение прибора	Обозначение входного сигнала	Номинальный диапазон изменения входного сигнала	Входное сопротивление, Ом	Масштабный коэффициент передачи	
				Обозначение	Величина
РС29.0.11	X1	0—5 мА	<250	—	1
РС29.0.12	X2	0—0,1 В	>10 ⁴	—	1
	X3	0—1 В	>10 ⁵	—	1
	X4	0—10 В	>10 ⁶	—	1
	X5	0—10 В	≥2 · 10 ⁸	α1	От 0 до 1
	X6	0—5 мА	<250	α2	От 0 до 1
	X7	0—10 В	>10 ⁶	—	1
	X8	0—5 мА	<250	—	1
	X9	0—1 В	≥2 · 10 ⁸	α1	От 0 до 1
	X10	0—10 В	>10 ⁶	—	1
	α2	Свободный масштабатор	>10 ⁴	α2	От 0 до 1
РС29.1.11	X1	0—5 мА	≤250	—	1
РС29.1.12.	X2	0—0,1 В	>10 ⁴	—	1
	X3	0—1 В	>10 ⁵	—	1
	X4	0—10 В	>10 ⁶	—	1
	X5	Изменение взаимной индуктивности на 10 мГн в пределах 10 — 0 — 10 мГн	≥2 · 10 ³	α1	От 0 до 1
	X6		>10 ⁴	α2	От 0 до 1
	X7		≥2 · 10 ⁸	—	1
	X10	0—10 В	>10 ⁵	—	Вход РУ
	α2	Свободный масштабатор	>10 ⁴	α2	От 0 до 1

а) суммирование входных сигналов;

б) формирование и введение сигнала задания;

в) усиление сигнала отклонения (рассогласования) регулируемой величины от задания;

г) масштабирование входных сигналов;

д) демпфирование сигнала рассогласования;

е) формирование выходного сигнала для воздействия на управляемый процесс в соответствии с одним из следующих законов регулирования: пропорциональным (П) совместно с датчиком положения исполнительного механизма; пропорционально-интегральным (ПИ) совместно с исполнительным механизмом; пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД) совместно с исполнительным механизмом (РС29.3); позиционным;

ж) аналого-релейное преобразование по двум каналам с индикацией срабатывания (РС29.2; РС29.3);

з) нелинейное преобразование (РС29.2.32, РС29.2.33);

и) динамическое преобразование по дифференциальному или апериодическому закону (РС29.3);

к) обеспечение питания внешних задающих устройств и измерительных преобразователей (кроме РС29.3);

л) индикация: предельных отклонений сигнала рассогласования (РС29.0; РС29.1); выходов (кроме РС29.3); сигнала рассогласования (РС29.2; РС29.3); положений исполнительного механизма (РС29.0.12, РС29.1.12, РС29.2, РС29.3);

м) цифровая индикация следующих величин по вызову: задания (РС29.2, РС29.3); рассогласования (РС29.2, РС29.3); положения исполнитель-

ного механизма (РС29.2, РС29.3); величины дополнительного параметра (РС29.2.23, РС29.2.33, РС29.3.43).

Структура условного обозначения приборов серии РС29 приведена ниже.

	РС 29	X	X	X
Наименование изделия — прибор регулирующий	┌	┌	┌	┌
Условный номер разработки	└	└	└	└
Модификация по входным сигналам	┌	┌	┌	┌
Входные сигналы постоянного тока	0			
Входные сигналы переменного и постоянного тока —	1			
Входные сигналы от термопреобразователей сопротивления и сигналы постоянного тока	2			
Входные сигналы от преобразователя термоэлектрического и сигналы постоянного тока	3			
Исполнения по функциям	┌	┌	┌	┌
Суммирование входных сигналов с заданием и формирование выходных сигналов для управления исполнительными механизмами; сигнализация предельных отклонений с бесконтактным выходом —	1			
Суммирование входных сигналов с заданием и формирование выходных сигналов для управления исполнительными механизмами; аналого-релейное преобразование с контактным выходом	2			
То же, что и исполнение 2 и нелинейное преобразование	3			
То же, что и исполнение 2 и динамическое преобразование	4			
Исполнения по устройствам индикации	┌	┌	┌	┌
Световая индикация выходов и световая индикация срабатывания сигнализатора предельных отклонений	1			
Световая индикация выходов, световая индикация срабатывания сигнализатора предельных отклонений или срабатывания при аналого-релейном преобразовании и стрелочная индикация рассогласования и положения исполнительного механизма	2			
Световая индикация выходов, световая индикация при аналого-релейном преобразовании и цифровая индикация одного из четырех сигналов (по вызову) —	3			

Функциональная структура приборов большинства исполнений может легко изменяться путем перестановки перемычек на специальном коммутационном поле. Это дает возможность: осуществить динамическую связь между регуляторами, аналого-релейное преобразование с демпфированием, сигнализацию предельных значений различных величин, в том числе и контроль режима регулятора; формировать ПИД — закон регулирования совместно с ИМ постоянной скорости; вводить сигналы по производной.

Все входные и выходные сигналы прибора, которые оговорены при рассмотрении модификации приборов, подаются относительно общей точки, которая не связана с корпусом прибора.

Элементная база приборов — аналоговые интегральные микросхемы, тристоры, микросхемы аналого-цифрового преобразования, цифровые индикаторы.

Все исполнения РС29 унифицированы по габаритным размерам и основным элементам конструкции, но отличаются количеством модулей (от 2 до 5), их типом, а также видом индикации. Все модификации имеют встроенный унифицированный источник питания. Индикаторы и органы управления расположены на передней панели. Органы статической и динамической настройки расположены на правой боковой стенке. На левой боковой стенке расположено коммутационное поле с перемычками. Доступ к органам настройки и перемычкам обеспечивается при частичном выдвижении шасси из корпуса без нарушения электрических соединений.

Подсоединение приборов РС29 к внешним цепям осуществляется при помощи 30 винтовых зажимов, расположенных на задней стенке. Глубина прибора за щитом 295 мм. Размер выреза в щите 55×155 мм.

Коробка холодных спаев, необходимая при применении приборов регулирующих типа РС29.3, поставляется вместе с приборами.

Общие технические характеристики и номинальные значения диапазонов основных параметров, обеспечивающих настройку характеристик закона регулирования приборов РС29, следующие.

1. Диапазон изменения зоны нечувствительности Δ , в процентах от номинального диапазона изменения входного сигнала составляет от 0,4 до 4.

2. Диапазон изменения коэффициента передачи α_n , с/%, — от 0,2 до 10.

3. Диапазон изменения постоянной времени интегрирования $\tau_{\text{и}}$, с, — от 5 до 500.

4. Диапазон изменения постоянной времени демпфирования $\tau_{\text{дф}}$, с, — от 0,25 до 5.

5. Минимальная длительность интегральных импульсов выходных сигналов при минимальном значении коэффициента передачи, в секундах, — от 0,08 до 0,15.

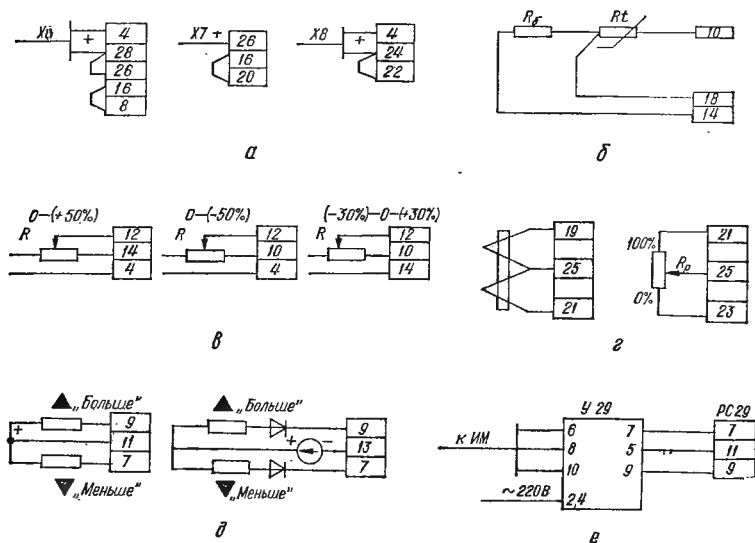


Рис. 44. Схемы подключения приборов модификации РС29.0.11 и РС29.0.12:

а — входных сигналов постоянного тока и напряжения к масштабаторам α_1 и α_2 ; б — термопреобразователя сопротивления (ТС); в — внешнего потенциометрического задатчика ЗУ-11; г — датчика указателя положения (индуктивного, реостатного); д — нагрузки к выходу ZI (с внутренним и внешним источниками); е — подключения пускового устройства к $Y29$.

6. Максимальная длительность интегральных импульсов при максимальном значении коэффициента передачи, в секундах, — не менее 0,6.

Виды входных сигналов, подключаемых к приборам различных модификаций и исполнений, приведены в табл. 46.

Приборы модификаций РС29.0, РС29.1. Приборы РС29.0.11 в РС29.0.12 предназначены для применения в схемах автоматизации с использованием измерительных преобразователей с выходным сигналом постоянного тока (рис. 44).

Приборы РС29.1.11 в РС29.1.12 предназначены для применения в схемах автоматизации с использованием дифференциально-трансформаторных преобразователей и преобразователей постоянного тока (рис. 45).

Технические характеристики:

1. Диапазоны изменения входных сигналов, входные сопротивления и масштабные коэффициенты передачи приборов по каждому из входов приведены в табл. 47, выходные сигналы и параметры нагрузки приведены в табл. 48.

2. Диапазон изменения сигнала широкодиапазонного задатчика (корректора) от номинального диапазона изменения входного сигнала, %, — (—100) — 0 — (+100).

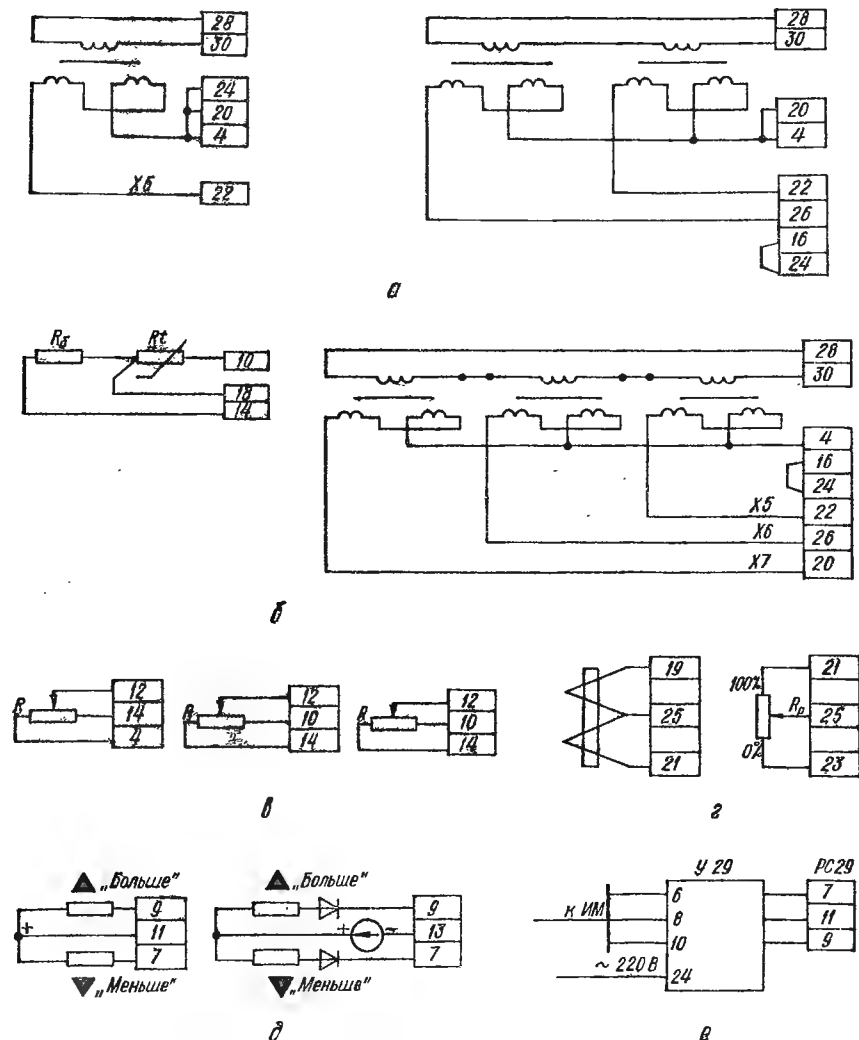


Рис. 45. Схемы подключения приборов модификации РС29.1:

а — дифференциально-трансформаторных преобразователей (одного, двух, трех); б — термпреобразователя сопротивления (ТС); в — внешнего потенциометрического задатчика РС29.11; г — датчика указателя положения (индуктивного, реостатного); д — нагрузки к выходу 1 (с внутренним и внешним источниками); е — пускового устройства У29.

48. Выходные сигналы и параметры нагрузки приборов модификаций РС29.0; РС29.1

Обозначение выходного сигнала	Вид и параметры выходного сигнала	Вид нагрузки	Параметры нагрузки и источников
Z1	Импульсы пульсирующего напряжения постоянного тока среднего значения 24 В	Активно-индуктивная	$R \geq 100 \text{ Ом}$, L не лимитируется
Z2	Импульсы напряжения постоянного тока (+10) или (-10) В	Активная	$R_H = 4 \cdot 10^4 \text{ Ом}$, сигнал для связи между приборами
в	Изменение сигнала рассогласования на 10 В в пределах от (-10) до (+10) В постоянного тока	То же	$R_H \geq 10^4 \text{ Ом}$
Z3	Изменение состояния электронных ключей (напряжение постоянного тока, 0,24 В) при сигнализации предельных отклонений	Активно-индуктивная	$R_H \geq 300 \text{ Ом}$, индуктивная составляющая не лимитируется
Z4	Напряжение постоянного тока (+10) или (-10) В	Активная	$R_{вх} = 2 \cdot 10^3 \text{ Ом}$
U _{оп.}	Питание дифференциально-трансформаторных преобразователей (ДТП) частотой 400 Гц, 12,5 мА	От одного до трех ДТП	Для приборов РС29.1.11, РС29.1.12

3. Диапазон изменения сигнала оперативного задатчика от номинального диапазона изменения входного сигнала, %, — (-10) — (+10).

4. Диапазон изменения показаний индикатора положения исполнительного механизма при изменении сопротивления реостатного датчика положения не менее чем на 70 Ом или при изменении сигнала индуктивного датчика положения от 0 до 0,5 В (РС29.0.12; РС29.1.12), % — 0 — 100.

5. Диапазон изменения задания порогов срабатывания при сигнализации предельных отклонений в процентах от номинального диапазона входного сигнала, %, (-100) — 0 — (+100).

Приборы модификации РС29.2 предназначены:

для поддержания постоянного заданного значения температуры от 1 до 3 значений в системах автоматизации (РС29.2.22, РС29.2.23);

для регулирования разности температур теплоносителей (от 1 до 3 значений) в зависимости от температуры наружного воздуха без коррекции по температуре воздуха внутри помещения (РС29.2.32, РС29.2.33).

Приборы (рис. 46) рассчитаны на подключение от 1 до 3 термопреобразователей сопротивления одной из следующих градуировок; 100 М; 50 М; 23 М.

Возможно применение преобразователя дополнительного параметра, который преобразует изменение температуры, измеряемой третьим термопреобразователем сопротивления, в унифицированный сигнал напряжения постоянного тока, используемый для цифровой индикации параметра.

Технические характеристики:

1. Диапазоны изменения входных сигналов, входные сопротивления и масштабные коэффициенты передачи по каждому из входов приведены в табл. 49; выходные сигналы и параметры нагрузок приведены в табл. 50.

2. Диапазон изменения сигнала широкодиапазонного задатчика (корректора), °С, — 0 до 200.

3. Диапазон изменения сигнала оперативного задатчика, °С — (-10) до (+10).

4. Диапазон изменения показаний индикатора положения исполнительного механизма, %, — 0 — 100.

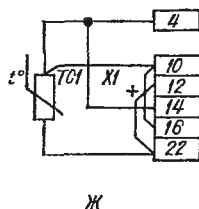
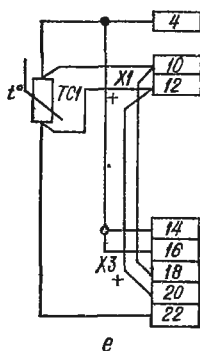
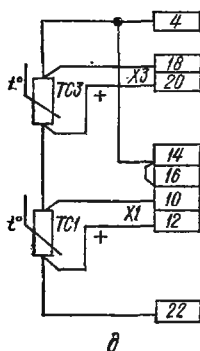
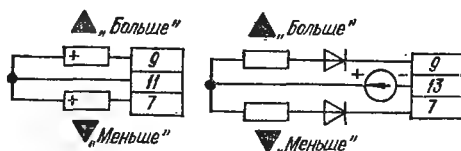
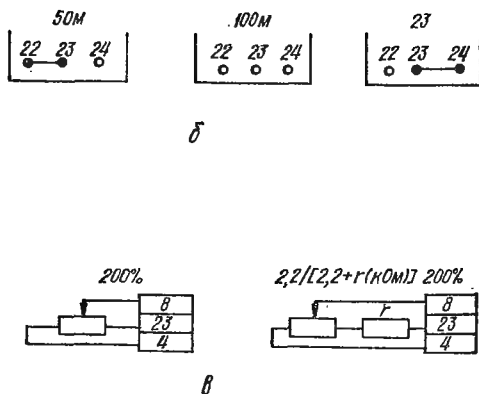
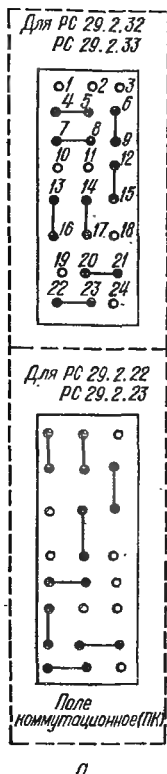


Рис. 46. Схемы подключения приборов модификации РС29.2:

а — поле коммутационное (ПК); б — установка переключателей на ПК в зависимости от градуировки термопреобразователей сопротивления; в — подключения внешнего потенциометрического задатчика ЗУ-11; г — подключения нагрузки к выходу 1 (с внешним и внутренним источниками); д — подключения одного термопреобразователя сопротивления по трехпроводной схеме; е — подключения одного термопреобразователя сопротивления на входы X1 и X3; ж — подключения двух термопреобразователей сопротивлений.

49. Диапазоны изменения входных сигналов, входные сопротивления и масштабные коэффициенты передачи приборов модификации РС29.2

Обозначение входного сигнала	Номинальный диапазон изменения входного сигнала	Входное сопротивление, Ом	Масштабный коэффициент передачи	
			Обозначение	Величина
X1 } X2 } X3 }	100 °C	$>10^5$	—	1
X4	0—5 Мa	<500	$\alpha 1$	0—1
	0—10 В	$>10^4$	—	1
	0—10 В	$>10^4$	$\alpha 2$	0—1
X5	0—10 В	$>10^6$	—	1
X6	0—10 В	$>10^6$	—	1
X7	0—10 В	$>10^4$	—	1

50. Выходные сигналы и параметры нагрузок приборов модификации РС29.2

Обозначение выходного сигнала	Вид и параметры выходного сигнала	Вид нагрузки	Параметры нагрузки и источников
Z1	Импульсы пульсирующего напряжения постоянного тока среднего значения 24 В	Активно-индуктивная	$R_n \geq 100 \text{ Ом}$ L не лимитируется
Z2	Импульсы напряжения постоянного тока (+10) или (—10) В	Активная	$R_n = 4 \cdot 10^4 \text{ Ом}$
в	Изменение сигнала рассогласования на 10 В в пределах от (—10) до (+10) В постоянного тока	»	$R_n \geq 10^4 \text{ Ом}$
Z3	Изменение состояния выходных контактов реле при аналого-релейном преобразовании	Активно-индуктивная	До 0,25 А, 36 В До 0,15 А, 36 В, $\tau \leq 0,015 \text{ с}$
Z4	Напряжение постоянного тока (+10) В для питания задающих устройств	Активная	$R_n \geq 2 \cdot 10^3 \text{ Ом}$
U _{оп}	Изменение сигнала преобразователя УП от 0 до 1 В	»	$R \geq 2 \cdot 10^3 \text{ Ом}$
I	Постоянный ток для питания термопреобразователей сопротивления, мА 20 10 18,95	Активная	
U ₁	Изменение напряжения постоянного тока при нелинейном преобразовании от (—10) В до 0 или от 0 до (+10) В	»	$R_n > 2 \cdot 10^3 \text{ Ом}$
U	Изменение напряжения постоянного тока на выходе преобразователя дополнительного параметра от (—10) В до 0 или от 0 до (+10) В	»	$R_n > 10^4 \text{ Ом}$

б. Диапазон изменения показаний пифрового индикатора (PC29.2.23; PC29.2.33) в режимах индикации:

- а) °C — (—10) — (+199);
 б) рассогласования, °C, — (—19,90) — (+19,90);
 в) положения ИМ, %, — 0—100;
 г) величины сигнала «У» диапазона входного сигнала, %, — (—100) — (+100).

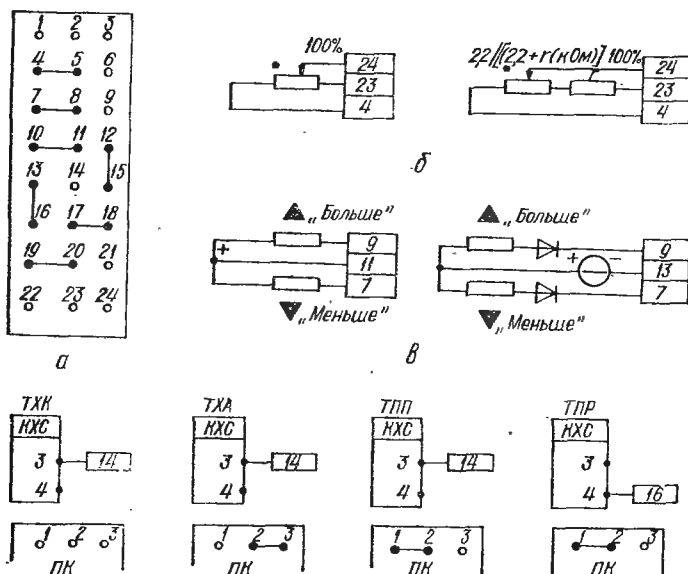


Рис. 47. Схемы подключения приборов модификации PC29.3:

а — поле коммутационное ПК; б — внешнего потенциометрического датчика ЗУ-11; в — нагрузки к выходу I (с внутренним и внешним источниками); г — сбор коробки холодных сплавов (КХС) и коммутация на ПК в зависимости от градуировки термопреобразователя.

51. Диапазоны изменения входных сигналов, входные сопротивления и масштабы коэффициенты передачи модификации PC-9.3

Обозначение входного сигнала	Номинальный диапазон изменения входного сигнала	Входное сопротивление, Ом	Масштабный коэффициент передачи
			Величина
X1	10 мВ	$>10^4$	1
X2	0—10 В	$>10^4$	—
X3			
X4			
X5			
	0—5 мА	<250	—
	0—10 В	$>10^4$	—
	0—5 мА	<250	—

6. Диапазон изменения задания порогов срабатывания аналого-релейного преобразователя от номинального диапазона входного сигнала, %, — (—100) — (+100).

7. Диапазон установки точек изменения передачи при нелинейном преобразовании (PC29.2.32; PC29.2.33), %, — (—100) — (+100).

Приборы модификации PC29.3 предназначены для применения в схемах автоматического регулирования температуры, измеряемой преобразователями термоэлектрическими типа ТХК, ТХА, ТПП, ТПР (рис. 47).

Технические характеристики:

1. Диапазоны изменения входных сигналов, входные сопротивления и масштабы коэффициенты передачи их каждому из входов приведены в табл. 51, выходные сигналы и параметры нагрузки приборов приведены в табл. 52.

Обозначение входного сигнала	Вид и параметры выходного сигнала	Вид нагрузки	Параметры нагрузки
Z1	Импульсы пульсирующего напряжения постоянного тока среднего значения 24 В	Активно-индуктивная	$R_n \geq 100 \text{ Ом}$ L не лимитируется
Z2	Импульсы напряжения постоянного тока (+10) или (-10) В	Активная	$R_n \geq 4 \cdot 10^4 \text{ Ом}$
e	Изменение сигнала рассогласования на 10 В в пределах от (-10) до (+10) В постоянного тока	«	$R_n \geq 10 \cdot 10^3 \text{ Ом}$
Z3	Изменение состояния выходных контактов реле при аналого-релейном преобразовании	«	До 0,25 А, 36 В
Z4	Напряжение постоянного тока (+10) В для питания задающих устройств	Активно-индуктивная	До 0,15 А, 36 В, $\tau \leq 0,015 \text{ с}$
U _{оп}	Изменение напряжения постоянного тока при динамическом преобразовании на 10 В в пределах от (-10) до (+10) В	Активная	$R_n \geq 2 \cdot 10^8 \text{ Ом}$
У	Изменение сигнала преобразователя УП от 0 до (+1) В	«	$R_n \geq 10^4 \text{ Ом}$
Z5	УП от 0 до (+1) В	Активная	$R_n \geq 2 \cdot 10^8 \text{ Ом}$

2. Диапазон изменения постоянной времени при динамическом преобразовании Т, с, — 0—500.

3. Диапазон изменения сигнала широкодиапазонного датчика (корректора), мВ, — 0—50.

4. Диапазон изменения сигнала оперативного датчика, мВ, — 0—2.

5. Диапазон изменения показаний индикатора положения исполнительного механизма, %, — 0—100.

6. Диапазон изменения показаний цифрового индикатора (РС29.3.43) в режимах индикации:

а) задания, мВ, — 0—50;

б) рассогласования от величины диапазона рассогласования, %, — (-19,9) — (+19,9);

в) положений исполнительного механизма в процентах от полного хода исполнительного механизма, %, — 0—100;

г) входа «У» при динамическом преобразовании от номинального диапазона входного сигнала, %, — (-100) — (+100).

7. Диапазон изменения задания порогов срабатывания при сигнализации предельных отклонений (аналого-релейного преобразования) в процентах от номинального диапазона входного сигнала — (100) — (+100).

Усилитель трехпозиционный У29 предназначен для коммутации силовых цепей напряжением 220 В. Выполняет следующие функции:

преобразует выходные сигналы регулирующих приборов с импульсным выходом в состояние бесконтактных ключей (замкнуто — «1», разомкнуто — «0»); предотвращает замкнутое состояние ключей при одновременной подаче на входы усилителя «Больше» и «Меньше» сигналов единичного уровня; формирует паузы между моментами размыкания и замыкания ключей при мгновенном переключении сигналов на входах.

В зависимости от количества коммутирующих ключей усилители изготавливаются двух исполнений: У29.2 и У29.3.

Усилитель У29.2 имеет два бесконтактных ключа, позволяющих управлять ИМ с двухфазными двигателями без электромагнитного тормоза, магнитными пускателями и другими исполнительными устройствами с рабочим напряжением 220 В и током 2 А (рис. 48).

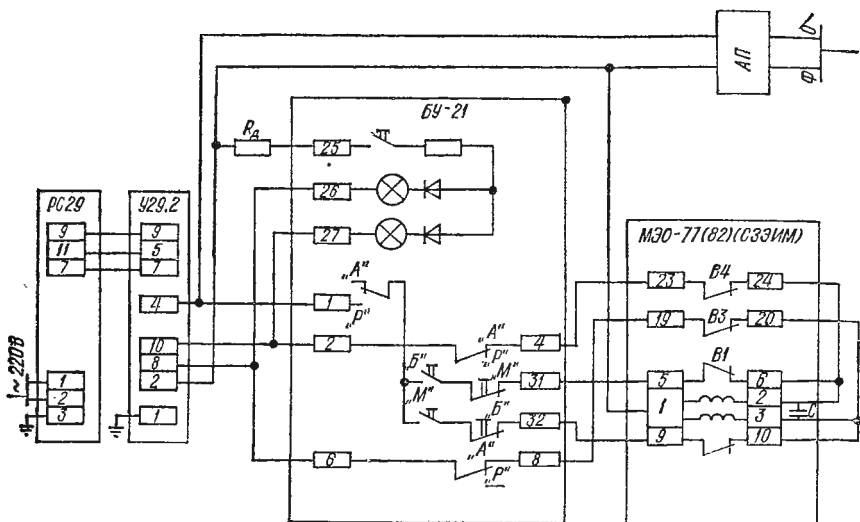


Рис. 48. Схема управления исполнительным механизмом типа МЭО от регулирующего прибора РС29 через блок управления БУ-21 и усилитель тиристорный У29.2.

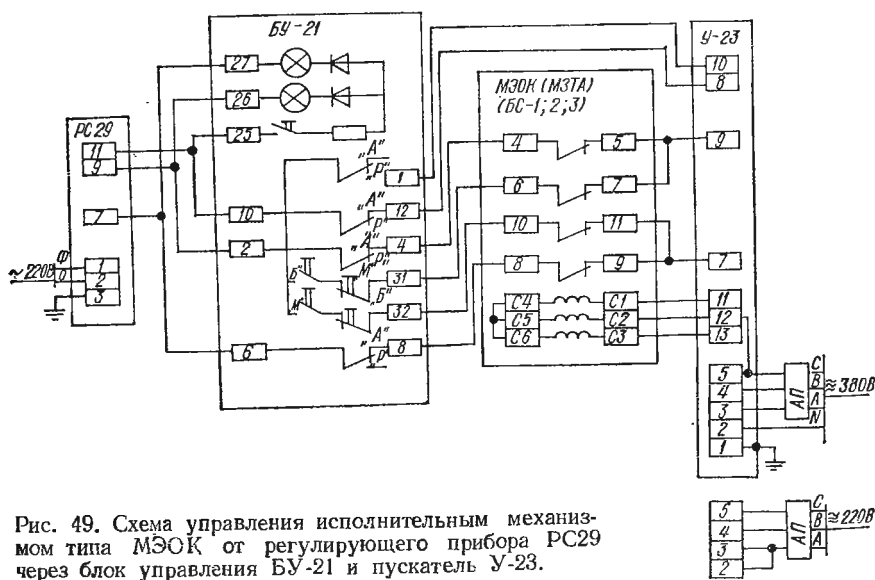


Рис. 49. Схема управления исполнительным механизмом типа МЭОК от регулирующего прибора РС29 через блок управления БУ-21 и пускатель У-23.

Усилитель У29.3 имеет три бесконтактных ключа, позволяющих управлять ИМ с двухфазным двигателем с электромагнитным тормозом. Усилители У29 предназначены для постоянного монтажа внутри щита или по месту. Имеют прямоугольное металлическое основание с каркасом, на котором закреплены две плиты и клеммная колодка с 10 винтами-зажимами. Усилитель защищен металлическим корпусом. Клеммная колодка закрыта защитной крышкой.

При работе с внешними задающими устройствами используются устройства ЗУ-11, БУ-21 и др.

Технические характеристики:

1. Величина средних значений двухполупериодного несглаженного напряжения постоянного тока в вольтах, подаваемых на вход «Меньше» (клеммы 7; 5) и «Больше» (клеммы 9; 5) для обозначения величины;

а) логическая единица (замыкание ключей), В, — $18,5-28,5 \left(24 \pm \begin{smallmatrix} 4,5 \\ 5,5 \end{smallmatrix} \right)$;

б) логический нуль, В, $(-10) - 0 - (+10)$.

2. Максимальное амплитудное значение логической единицы, В, не более 45.

3. Действующие значения тока и напряжения, коммутируемых выходными ключами, соответствуют значениям, приведенным в табл. 53.

4. Входное сопротивление по каждому входу, Ом, — не менее 100.

Схемы управления исполнительными устройствами, приведенные на рис. 49, 50, являются наиболее распространенными электрическими исполнительными механизмами, на работу с которыми рассчитана система «Контур 2». В качестве пусковых устройств рекомендуется использовать пускатели У23, У29, ПБР-2М.

Внешняя станция управления БУ-21 позволяет при необходимости дублировать устройство ручного управления, при этом она подключается после усилителя У29.

53. Действующие значения тока и напряжения

Обозначение	Величина параметра		
	минимальная	номинальная	максимальная
$\sim U$, В	18	220	250
$\sim I$, А	0,1	08	2

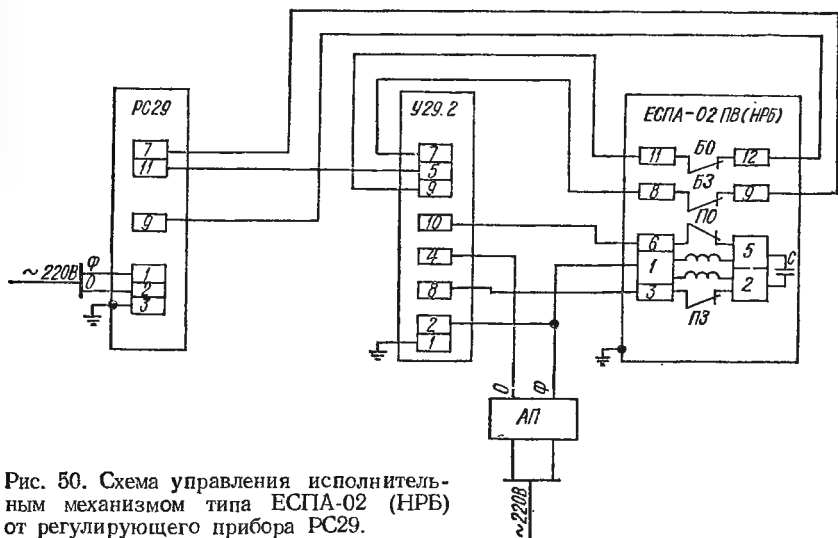


Рис. 50. Схема управления исполнительным механизмом типа ЕСПА-02 (НРБ) от регулирующего прибора РС29.

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Пневматические регуляторы (регулирующие устройства) работают с первичными преобразователями, приборами контроля и другими устройствами со стандартными входными и выходными сигналами в диапазоне $0,02-0,1$ МПа ($0,2-1$ кгс/см²). Пневматические регуляторы используют для автоматического управления технологическими процессами по одному из выбранных законов регулирования: позиционному, пропорциональному, пропорционально-интегральному, пропорционально-дифференциальному и пропорционально-интегрально-дифференциальному.

Для своей работы пневматические регуляторы используют энергию сжатого воздуха с давлением питания $0,14 \text{ МПа} \pm 10\%$ ($1,4 \text{ кгс/см}^2 \pm 10\%$) и могут быть установлены во взрыво- и пожароопасных помещениях.

В зависимости от аппаратурного решения их подразделяют на пневматические регуляторы приборного типа для установки внутри контрольно-измерительных приборов и регуляторы системы «СТАРТ», построенные на базе элементов УСЭППА.

Позиционный регулятор типа ПР1.5

Регулятор типа ПР1.5 входит в систему «СТАРТ» и предназначен для двухпозиционного регулирования и сигнализации отклонения текущего значения регулируемого параметра от заданного значения.

Настроенный на максимум регулятор выдает верхний дискретный пневматический сигнал с выходным давлением $P_{\text{вых}}$ от 0,11 до 0,14 МПа (от 1,1 до 1,4 кгс/см²) при превышении регулируемым параметром заданного значения, что соответствует дискретному сигналу «1». Если параметр меньше заданного значения, на выходе регулятора устанавливается нижний дискретный пневматический сигнал с выходным давлением $P_{\text{вых}} = 0-0,1 \text{ МПа}$ (от 0 до 0,1 кгс/см²), что соответствует дискретному сигналу «0». Регулятор, настроенный на минимум, выдает верхний сигнал, когда параметр становится ниже заданного значения.

Регулятор типа ПР1.5 (рис. 51) состоит из трехмембранного элемента сравнения 3, усилителя 4 и постоянного дросселя 2. Установка заданного значения регулятору производится винтом задатчика 1 по манометру М. Ре-

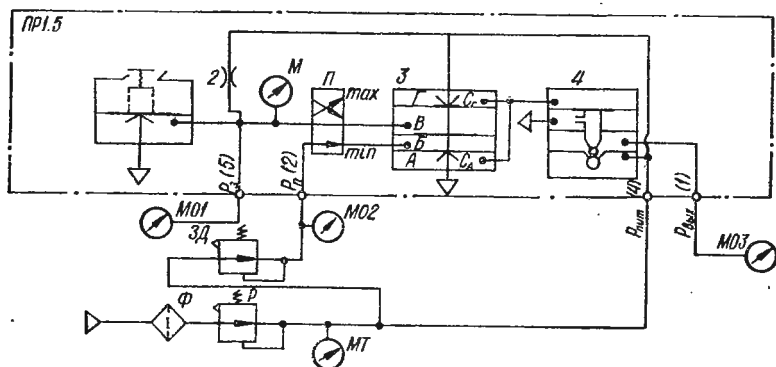


Рис 51. Принципиальная схема и схема проверки регулятора типа ПР1.5:

МО1, МО2, МО3 — образцовые манометры класса не ниже 0,6; МТ — технический с диапазоном измерения 0—0,16 МПа (0—1,6 кгс/см²). Установку давления питания производят редуктором Р по манометру МТ; Ф — фильтр воздуха; ЗД — мало-

мощный задатчик.

гулятор настраивается на максимум или минимум диск-переключателем входных каналов П.

Предмонтажная проверка регулятора ПР1.5 включает проверки диапазона изменения выходного сигнала и исправности задатчика, определение основной погрешности и дифференциала срабатывания.

Принципиальная схема и схема проверки регулятора типа ПР1.5 приведены на рис. 51.

Проверка исправности задатчика проводится плавным вращением его винта, при этом давление задания, контролируемое манометрами МО1 и М, должно непрерывно изменяться в диапазоне 0,02—0,1 МПа (0,2—1 кгс/см²).

При проверке диапазона изменения выходного сигнала винтом задатчика 1 регулятора по манометру МО1 устанавливают

давление задания $P_z = 0,06$ МПа (0,6 кгс/см²). Затем внешним задатчиком ЗД изменяют входное давление P_n от 0,02 до 0,1 МПа (от 0,2 до 1 кгс/см²). При этом давление на выходе регулятора $P_{вых}$, контролируемое манометром МОЗ, должно изменяться скачком от значения не более 0,1 МПа (0,1 кгс/см²) до значения не менее 0,11 МПа (1,1 кгс/см²), если регулятор настроен на максимум, или в обратном направлении, если на минимум.

При определении основной погрешности регулятор настроен на максимум) устанавливают давление задания $P_z = 0,03$ МПа (0,3 кгс/см²). Затем задатчиком ЗД увеличивают давление P_n до тех пор, пока регулятор не сработает, т. е. на выходе не установится максимальный сигнал.

Основную приведенную погрешность, %, определяют по формуле

$$\gamma = (P_n - P_z) 100 / \Delta P_{вых},$$

где $(P_n - P_z)$ — разность между текущим и заданным значениями параметра в момент срабатывания регулятора; $\Delta P_{вых}$ — диапазон изменения выходного сигнала, равный 0,08 МПа (0,8 кгс/см²).

Продолжают проверку, последовательно устанавливая $P_z = 0,06$ и 0,09 МПа (0,6 и 0,9 кгс/см²). То же осуществляют при уменьшении P_n при тех же значениях P_z , фиксируя срабатывание регулятора.

При настройке регулятора на минимум проверка осуществляется способом, аналогичным приведенному выше. Величина погрешности не должна превышать $\pm 0,5$ %.

Определение дифференциала срабатывания проводится при трех значениях давления задания $P_z = 0,03; 0,06; 0,09$ МПа (0,3; 0,6; 0,9 кгс/см²). Изменяя P_n относительно задания, фиксируют срабатывание регулятора при подходе к заданию слева и справа (P'_n и P''_n).

Величина дифференциала срабатывания, %, определяется как

$$\varepsilon = (P'_n - P''_n) 100 / \Delta P_{вых}.$$

Расчетная величина ε не должна превышать ± 1 %.

Основные неисправности позиционного регулятора типа ПР1.5 приведены в табл. 54.

54. Основные неисправности регулятора типа ПР1.5

Неисправность	Причина	Способ устранения
Задатчиком регулятора не устанавливается нужное давление задания Выходное давление отсутствует или изменяется медленно	Засорился постоянный дроссель задатчика Неисправность элемента сравнения или усилителя мощности	Прочистить дроссель иглой Проверить работоспособность элемента сравнения и усилителя путем подсоединения манометров к их выходам, произвести регулировку взаимного расположения сопл и мембранного блока с помощью регулировочных винтов
Величина основной погрешности или дифференциала срабатывания превышает допустимое значение	Разрегулирован элемент сравнения	То же

Пропорциональный регулятор ПР2.8

Регулятор типа ПР2.8 входит в систему «СТАРТ», имеет линейные статические характеристики и предназначен для получения непрерывного пропорционального регулирующего воздействия на исполнительный механизм при отклонении регулируемого параметра от заданного значения.

Настроенный на прямое регулирование регулятор при отклонении текущего значения от заданного вырабатывает на выходе сигнал, пропорциональный величине этого отклонения. При настройке на обратное регулирова-

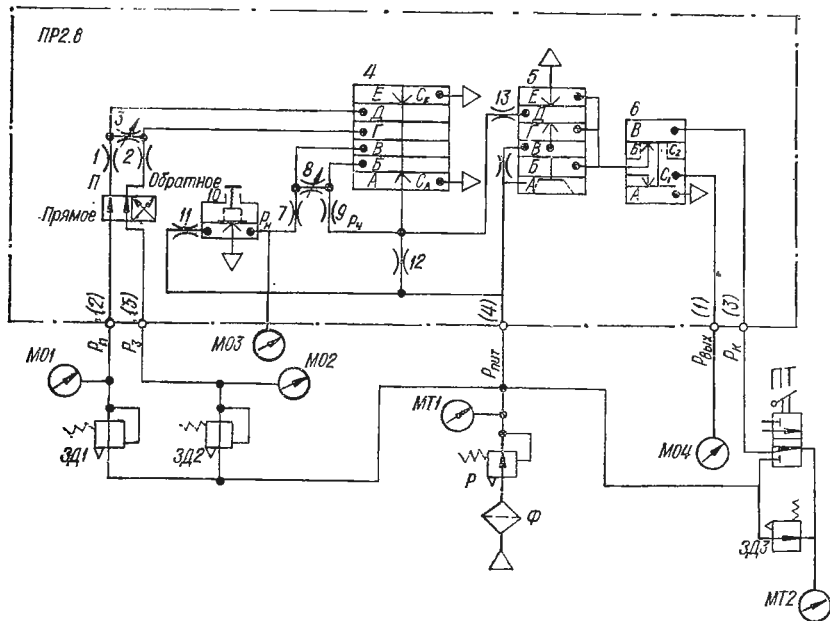


Рис. 52. Принципиальная схема и схема проверки регулятора типа ПР2.8: МО1, МО2, МО3 — образцовые манометры класса не ниже 0,6; МТ1, МТ2 — технические с диапазоном измерения 0 ... 0,16 МПа (0—1,6 кгс/см²). Установку давления питания производят редуктором Р по манометру МТ1; Φ — фильтр воздуха; 3Д1, 3Д2, 3Д3 — маломощные датчики; ПТ — пневмотумблер.

ние выходной сигнал регулятора также пропорционален отклонению текущего значения от заданного, но знак изменения сигнала на выходе не совпадает со знаком отклонения на входе.

Регулятор типа ПР2.8 (рис. 52) состоит из пятимембранного элемента сравнения 4, повторителя — усилителя мощности 5, датчика 10, отключающего реле 6, двух дроссельных сумматоров в прямом канале (дроссели 1, 2, 3) и в линии обратной связи (дроссели 7, 8, 9). Настройку регулятора на прямое и обратное регулирование производит дискпереключателем П.

Наличие двух дроссельных сумматоров позволяет проводить плавную настройку предела пропорциональности в диапазоне 2—3000 %. Настройку предела пропорциональности в диапазоне 2—100 % проводят переменным дросселем 8, установив предварительно дроссель 3 на отметку 100 %, что соответствует его закрытию. Настройку предела пропорциональности в диапазоне 100—3000 % проводят переменным дросселем 3, при этом дроссель 8 ставят на отметку 100 % (соответствует его закрытию.) Начальное давление P_n , определяющее рабочую точку регулятора, устанавливается датчиком 10.

Предмонтажная проверка регулятора ПР2.8 включает проверки: диапазона изменения выходного сигнала, смещения контрольной точки, градуировки органов настройки предела пропорциональности, исправности задатчика и отключающего реле.

Проверка работы узла задатчика. Для контроля начального давления P_n подключают образцовый манометр МОЗ, предварительно заменив заглушку задатчика 10 штупером. При вращении регулировочного винта задатчика начальное давление P_n должно изменяться плавно в диапазоне от 0 до 0,1 МПа (от 0 до 1,0 кгс/см²). В противном случае необходимо прочистить дроссель 11, продуть задатчик и, если это не помогает, произвести его ремонт.

Проверка диапазона изменения выходного сигнала. Диск настройки предела пропорциональности в диапазоне 2—100 % устанавливается в положение 2 %, а диск настройки предела пропорциональности в диапазоне 100—3000 % — на 100 %. Далее винтом задатчика 10 устанавливают давление $P_n = 0,06$ МПа (0,6 кгс/см²), а задатчиком ЗД2 — давление $P_z = 0,06$ МПа (0,6 кгс/см²). Плавно изменяют P_n от 0,02 до 0,1 МПа (от 0,2 до 1 кгс/см²), при этом давление на выходе $P_{вых}$ должно измениться от нижнего до верхнего граничных значений при настройке регулятора на прямое регулирование (переключатель П в положении «ПРЯМ.») или от верхнего до нижнего граничных значений при настройке регулятора на обратное регулирование (переключатель П в положении «Обратн.»). Нижнее граничное значение соответствует диапазону от 0 до 5 кПа (от 0 до 0,005 кгс/см²), верхнее — от 0,1 МПа (1 кгс/см²) до давления питания.

Проверка смещения контрольной точки (основной погрешности) регулятора проводится на всех оцифрованных отметках шкалы пределов пропорциональности (или для 3—4 промежуточных значений). При проверке смещения контрольной точки для пределов пропорциональности (ПП) в диапазоне 2—100 % задают величину давления задания и величину начального давления $P_z = P_n = 0,03$ МПа (0,3 кгс/см²). Затем изменяют величину давления переменной до тех пор, пока давление на выходе регулятора не станет стабильным и равным 0,03 МПа (0,3 кгс/см²). По полученным данным определяют смещение контрольной точки регулятора по формуле

$$\Delta P = P_n - P_s.$$

Полученные значения записывают в табл. 55, согласно которой продолжают проверку.

55. Проверка основной погрешности регулятора типа ПР2.8

P_n , МПа	P_z , МПа	P_n , МПа	$P_{вых}$, МПа	ΔP , МПа	P_n , МПа	P_z , МПа	P_n , МПа	$P_{вых}$, МПа	ΔP , МПа
При ПП = 2—100 %					При ПП = 100—3000 %				
0,03	{ 0,03 0,06 0,09 }		0,03		{ 0,03 0,06 0,09 }	0,03	0,03		
0,06	{ 0,03 0,06 0,09 }		0,06		{ 0,03 0,06 0,09 }	0,06	0,06		
0,09	{ 0,03 0,06 0,09 }		0,09		{ 0,03 0,06 0,09 }	0,09	0,09		

При проверке смещения контрольной точки для пределов пропорциональности (ПП) в диапазоне 100—3000 % задают величину давлений задания,

переменной и начального давления $P_3 = P_n = P_n = 0,03 \text{ МПа}$ ($0,3 \text{ кгс/см}^2$). Фиксируют значение давления на выходе регулятора $P_{\text{вых}}$ и определяют смещение контрольной точки регулятора по формуле

$$\Delta P = P_{\text{вых}} - P_n.$$

Полученные значения записывают в табл. 55, согласно которой продолжают проверку. Из таблицы выбирают наибольшее значение величины смещения контрольной точки $\Delta P_{\text{тах}}$, МПа. Оно не должно превышать 8 КПа ($0,008 \text{ кг/см}^2$).

При проверке градуировки шкалы пределов пропорциональности устанавливают диск шкалы на проверяемую отметку. По манометрам $МО1 - МО3$ задают давление $P_n = P_n = P_3 = 0,06 \text{ МПа}$ ($0,6 \text{ кгс/см}^2$), после фиксации выходного давления ($P_{\text{вых}} = P_n = 0,06 \text{ МПа}$) наносят возмущение на входе регулятора изменением давления переменной на величину ΔP_n .

Если величина установленного ПП $< 100 \%$, то переменную изменяют до тех пор, пока давление на выходе не изменится на $\Delta P_{\text{вых}} = 0,03 \text{ МПа}$, т. е. пока выходное давление $P_{\text{вых}}$ не станет равным $0,03$ либо $0,09 \text{ МПа}$ ($0,3$ либо $0,9 \text{ кгс/см}^2$).

Если величина установленного ПП $> 100 \%$, то переменную изменяют на $\Delta P_n = 0,3 \text{ МПа}$ ($0,3 \text{ кгс/см}^2$), т. е. пока ее значение не станет равным $0,03$ либо $0,09 \text{ МПа}$ ($0,3$ либо $0,9 \text{ кгс/см}^2$), при этом на выходе регулятора установится определенное давление $P_{\text{вых}}$.

На каждой проверяемой отметке ПП проверку проводят 3—4 раза, меняя направление изменения P_n . Фактическое значение величины ПП, %, определяют по формуле

$$\text{ПП} = (\Delta P_n / \Delta P_{\text{вых}}) 100.$$

Затем определяют среднеарифметическое значение ПП для проверяемой отметки.

У регулятора типа ПР2.8 допускаемые интервалы изменения ПП ограничены нормируемым значением нелинейности статических характеристик: не

56. Основные неисправности регулятора типа ПР2.8

Неисправность	Причина	Способ устранения
Задатчиком регулятора не устанавливается нужное начальное давление либо оно нестабильно	Засорился постоянный дроссель 11 задатчика 10	Прочистить дроссель иглой, провести ревизию задатчика
Отсутствует выходное давление или оно сбрасывается не полностью	Неисправности в элементе сравнения, усилителе мощности и отключающем реле	Проверить работоспособность элемента сравнения, усилителя отключающего реле путем подсоединения манометров к их выходам, провести регулировку взаимного расположения сопл и мембранного блока с помощью регулировочных винтов
Величина основной погрешности регулятора (смещение контрольной точки) больше допустимого значения	Разрегулирован элемент сравнения	То же

более $\pm 0,008$ для ПП = 100 % и не более ± 24 кПа (0,024 кгс/см²) для всех остальных значений ПП. Нелинейность статической характеристики регулятора определяется как разность значений $\Delta P_{\text{вых}}$, полученных при одних и тех же значениях ПП и $\Delta P_{\text{п}}$, но при разных значениях $P_{\text{п}}$, например при $P_{\text{п}} = 0,06$ и $0,09$ МПа (0,6 и 0,9 кгс/см²) или 0,06 и 0,03 МПа (0,6 и 0,3 кгс/см²) или 0,03 и 0,09 МПа (0,3 и 0,9 кгс/см²). Если полученное значение ПП не соответствует значению, нанесенному на шкалу, то необходимо снять шкалу переменных дросселей 3 и 8 и произвести ее тарировку с помощью регулировочных винтов.

Пронерка отключающего реле проводится в следующем порядке. С помощью задатчика ЗД1 устанавливают на выходе давление $P_{\text{вых}} = 0,1$ МПа (1 кгс/см²) и задатчиком ЗД3 по манометру МТ2 — командное давление $P_{\text{к}} = 0,12$ МПа (1,2 кгс/см²). Включают пневмотумблер ПТ и с помощью пенообразующего раствора проверяют утечку воздуха на выходе регулятора, которая не допускается.

Основные неисправности пропорционального регулятора типа ПР2.8 приведены в табл. 56.

Пропорционально-интегральный регулятор типа ПР3.31

Регулятор типа ПР3.31 входит в систему «СТАРТ» и предназначен для получения непрерывного пропорционально-интегрального регулирующего воздействия на исполнительный механизм при отклонении регулируемого параметра от заданного значения. Регулятор (рис. 53) имеет линейные статические характеристики и состоит из пятимембранного 1 и трехмембранного 6 элементов сравнения, повторителя — усилителя мощности 8, повторителя 11,

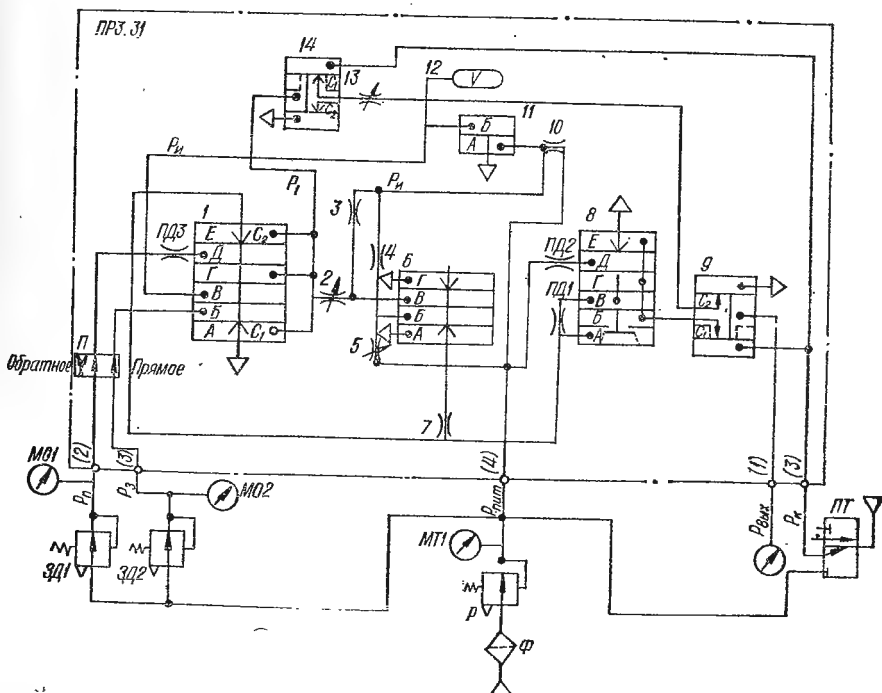


Рис. 53. Принципиальная схема и схема проверки регулятора типа ПР3.31.

емкости 12, двух дроссельных сумматоров в прямом канале (дроссели 2 и 3) и в линии отрицательной обратной связи (дроссели 4, 5) регулируемого дросселя 13, выключающих реле 9 и 14. Для настройки регулятора на прямое и обратное регулирование в нем установлен диск-переключатель П. Нерегулируемый дроссель ПД1 встроен в повторитель — усилитель мощности, а дроссель ПД2 вставлен во входной канал этого же элемента.

Отличительной конструктивной особенностью регулятора ПР3.31 является наличие двух органов настройки предела пропорциональности в диапазоне от 2 до 3000 %, что значительно повышает плавность настройки. При настройке предела пропорциональности в диапазоне от 100 до 3000 % дроссель 5 необходимо поставить на отметку 100 %, что соответствует полному его открытию, а дроссель 2 устанавливают на требуемую отметку. При работе регулятора в диапазоне настроек предела пропорциональности от 20 до 100 % дроссель 2 ставят на отметку 100 %, а дроссель 5 устанавливают на требуемую отметку. Время интегрирования ($T_{\text{и}}$) настраивается дросселем 13 (минимальное значение $T_{\text{и}}$ соответствует полностью открытому дросселю).

Настройка предела пропорциональности и времени интегрирования взаимонезависимы.

Выходное давление $\Delta P_{\text{вых}}$ регулятора ПР3.31 при наличии рассогласования на входе изменяется по следующей зависимости:

$$\Delta P_{\text{вых}} = K_p \Delta P_{\text{вх}} + \frac{1}{T_{\text{и}}} \int \Delta P_{\text{вх}} dt,$$

где $K_p = \frac{1}{\text{ППИ}} 100\%$ — коэффициент усиления регулятора; $\Delta P_{\text{вх}}$ — рассогласование между текущим и заданным значениями регулируемого параметра.

Предмонтажная проверка регулятора типа ПР3.31 включает проверки: диапазона изменения входного сигнала, смещения контрольной точки и вариации, градуировки органов настройки предела пропорциональности и времени интегрирования, исправности отключающих реле.

Проверку диапазона изменения выходного сигнала проводят так же, как и проверку регулятора ПР2.8, плавно изменяя $P_{\text{п}}$ от 0,02 до 0,1 МПа (0,2 до 1 кгс/см²) при $P_{\text{з}} = 0,06$ МПа (0,6 кгс/см²). Диски настройки предела пропорциональности при этом должны быть установлены на минимальном значении ПП, а диск настройки времени интегрирования $T_{\text{и}}$ — на максимальную отметку.

Проверку смещения контрольной точки (основной погрешности) рекомендуется проводить для значений пределов пропорциональности ПП = 40; 100; 250; 1000; 3000 %. Диск дросселя времени интегрирования устанавливают на отметку, соответствующую минимальному времени интегрирования и по манометру МО2 задают давление задания $P_{\text{з}}$ 0,03 МПа (0,3 кгс/см²). Изменяя по манометру МО1 давление переменной $P_{\text{п}}$ добиваются, чтобы давление на выходе $P_{\text{вых}}$ стало стабильным и равным 0,03 МПа (0,3 кгс/см²). Смещение контрольной точки, МПа:

$$\Delta P = P_{\text{п}} - P_{\text{з}}.$$

Полученные значения записывают в табл. 57, согласно которой необходимо продолжить проверку. Смещение контрольной точки подвергают трехкратной проверке во всех указанных в таблице точках при прямом и обратном ходах (подводе $P_{\text{п}}$ к $P_{\text{з}}$ с обеих сторон).

Из полученных данных выбирают наибольшую величину ΔP и сравнивают ее с допустимым значением: $\Delta P_{\text{доп}} = 4$ кПа (0,004 кгс/см²).

Вариацию показаний определяют как наибольшую разность между смещениями контрольной точки, соответствующими одному и тому же выходному давлению при прямом и обратном ходах, она не должна превышать абсолютного значения основной погрешности. При значениях смещения контроль-

57. Таблица проверки основной погрешности регулятора ПР3.31

P_3 , МПа	P_{II} , МПа	$P_{\text{вых}}$, МПа	ΔP , МПа	P_3 , МПа	P_{II} , МПа	$P_{\text{вых}}$, МПа	ΔP , МПа	P_3 , МПа	P_{II} , МПа	$P_{\text{вых}}$, МПа	ΔP , МПа
0,3		$\begin{cases} 0,03 \\ 0,06 \\ 0,09 \end{cases}$		0,6		$\begin{cases} 0,03 \\ 0,06 \\ 0,09 \end{cases}$		0,9		$\begin{cases} 0,03 \\ 0,06 \\ 0,09 \end{cases}$	

ной точки и вариации больше допускаемых регулируют или ремонтируют элемент 1.

Проверка градуировки органа настройки предела пропорциональности проводится на всех оцифрованных отметках. Для этого при полностью открытом дросселе времени интегрирования ($T_{II} = 0,1$) устанавливают контрольную точку $P_{II} = P_3 = P_{\text{вых}} = 0,06$ МПа (0,6 кгс/см²). Затем дроссель времени интегрирования закрывают ($T_{II} = \infty$), при этом регулятор становится пропорциональным. Проверку шкалы предела пропорциональности проводят так же, как для регулятора ПР2.8.

Проверку градуировки шкалы дросселя времени интегрирования проводят на всех оцифрованных отметках, для чего указатель предела пропорциональности устанавливают на отметку 100 % и при открытом дросселе времени интегрирования ($T_{II} = 0,1$) регулятор выводят на контрольную точку при $P_{II} = P_3 = P_{\text{вых}} = 0,06$ МПа (0,6 кгс/см²). Затем дроссель времени интегрирования устанавливают на проверяемую отметку и изменяют P_{II} на $\pm 0,015$ МПа ($\pm 0,15$ кгс/см²). Выходное давление $P_{\text{вых}}$ в начальный момент времени изменяется безынерционно под действием пропорциональной составляющей на

величину $\Delta P_{\text{вых}} = \frac{\Delta P_{II} 100 \%}{\Pi\Pi}$. Затем по секундомеру фиксируют время, за которое выходное давление изменится еще на $\pm 0,015$ МПа (0,15 кгс/см²). Отсчитанное время является временем интегрирования.

На каждой отметке шкалы времени интегрирования проверку проводят 3—4 раза при различных направлениях изменения давления и контрольной точки. Действительное значение времени интегрирования определяют как среднеарифметическое четырех значений, полученных экспериментально. Полученные значения времени интегрирования не должны превышать допустимые:

Отметка шкалы, мин	Допустимые отклонения, мин
0,05	0,015
0,5	0,1
1	0,2
5	2
20	8

При необходимости проводят корректировку времени интегрирования с помощью регулировочных винтов, находящихся под табличкой на диске дросселя 13.

При проверке исправности работы отключающих реле предел пропорциональности устанавливается равным 100 %, при отсутствии этой отметки — на минимальное значение шкалы, и при открытом дросселе времени интегрирования устанавливается контрольная точка $P_{II} = P_3 = P_{\text{вых}} = 0,06$ МПа (0,6 кгс/см²). Затем дроссель времени интегрирования закрывают и изменяют давление переменной на $\pm 0,015$ МПа (0,15 кгс/см²). После изменения выходного давления на $P_{\text{вых}} = \pm \frac{0,015}{\Pi\Pi} \times 100 \% \text{ МПа}$ ($\pm \frac{0,15}{\Pi\Pi} 100 \% \text{ кгс/см}^2$) дальнейшее изменение $P_{\text{вых}}$ не должно

происходить, либо должно изменяться очень медленно (не более 150 Па в мин). В этом случае можно считать, что сопло C_2 элемента 9 герметично.

Причиной изменения $P_{\text{вых}}$ может быть также утечка воздуха через закрытый дроссель 13. Поэтому при изменении давления $P_{\text{вых}}$ необходимо вначале проверить на герметичность указанный дроссель. Для этого, отвернув заглушку камеры Д элемента 1 и увеличив P_n на 0,02 МПа (0,2 кгс/см²) относительно P_g , с помощью мыльного раствора проверяют утечку воздуха через образовавшееся отверстие. Если утечка воздуха есть, то винтом, расположенным под табличкой диска дросселя 13 против отметки «∞», добиваются ее устранения. Затем повторно проверяют герметичность сопла C_2 , предварительно поставив на место заглушку камеры Д элемента 1.

При проверке герметичности сопла C_1 реле 9 контрольную точку устанавливают так же, как и при проверке герметичности сопла C_2 . Затем дроссель 13 закрывают и включают пневмотумблер ПТ. Давление переменной изменяют на $\pm 0,015$ МПа (0,15 кгс/см²).

Если выходное давление не меняется или скорость его изменения незначительна (до 150 Па в мин), то сопло C_1 герметично. Если сопло C_1 реле 9 герметично, то, открыв дроссель 13, одновременно проверяют герметичность сопла C_1 реле 14. Открытие этого дросселя не должно повлиять на показания манометра МОЗ. В противном случае сопло C_1 реле 14 негерметично.

При негерметичности сопел отключающих реле их разбирают, очищают, и при необходимости приклеивают резиновую заслонку либо заменяют ее новой.

Основные неисправности пропорционально-интегрального регулятора типа ПР3.31 приведены в табл. 58.

58. Основные неисправности регулятора типа ПР3.31

Неисправность	Причина	Способ устранения
Контрольная точка смещена больше допустимого значения	Разрегулированы или неисправны элементы сравнения 1 и 6	Проверить работоспособность элементов сравнения, произвести регулировку взаимного расположения сопел и мембранного блока с помощью регулировочных винтов
Отсутствует выходное давление	Неисправность отключающего реле Забит дроссель питания Нарушена герметичность соединительных трубок и элементов, элементов и платы, межкамерных мембран в самих элементах	Проверить, отрегулировать положение шарикового клапана Продуть, прочистить иглой Проверить герметичность обмыливанием мест соединений, подтянуть винты, заменить прокладки

Пропорционально-интегральное регулирующее устройство приборного типа ПР2

Регулирующее устройство типа ПР2 (рис. 54) предназначено для непрерывного пропорционально-интегрального воздействия на исполнительный механизм при отклонении регулируемого параметра от заданного значения и может быть встроено в различные приборы, в том числе в приборы серии КСЗ.

Устройство состоит из регулирующего блока, пневматического реле, интегрального блока и рычажной системы.

Регулирующий блок воспринимает рассогласование между текущим и заданным значениями параметра и преобразует его в пропорциональное изменение выходного давления. Он состоит из двух герметизированных сильфонов

(положительной и отрицательной обратной связи) 4 и 27, зажатых между двумя кронштейнами 23 и 28. Отверстия для винтов, крепящих сильфоны к кронштейнам, выполнены в виде прорезей, что позволяет в процессе регулировки перемещать сильфоны вдоль линии, соединяющей их центры. На одном из выступов кронштейна 23 крепится хвостик настроечной пружины 26. Вращением связанного с ней винта 25 можно изменять количество рабочих витков пружины. К другому выступу кронштейна 23 крепится рычаг 5, на котором находится управляющий штифт 17. К нему пружиной поджимается заслонка 18, находящаяся на одной оси 24 с соплом 19. Кронштейн с заслонкой с помощью указателя пределов пропорциональности 22 можно вращать вокруг оси 21. В момент, когда регулятор находится на контрольной точке, ось 21 и штифт 17 должны находиться строго соосно. Рычажная система 5, 6, 8, 10, 15, ось 9 и зубчатые колеса 12, 13 связывают ручку «Установка задания» 11 и указатель 14 с рычагом 5.

Узел пневматического реле состоит из реле 29, усиливающего по мощности выходной пневмосигнал, и постоянного дросселя, конструктивно выполненного в одном корпусе. В качестве управляющего пневматическим реле элементом служит узел «Сопло — заслонка».

Узел интегрального блока формирует интегральную составляющую выходного пневмосигнала и состоит из отключающего реле 2, служащего для плавного перехода с автоматического режима работы на ручное управление и наоборот, переменного дросселя настройки времени интегрирования 1 и пневмомемкости 3.

Регулирующее устройство может работать как пропорциональное при закрытом дросселе вре-

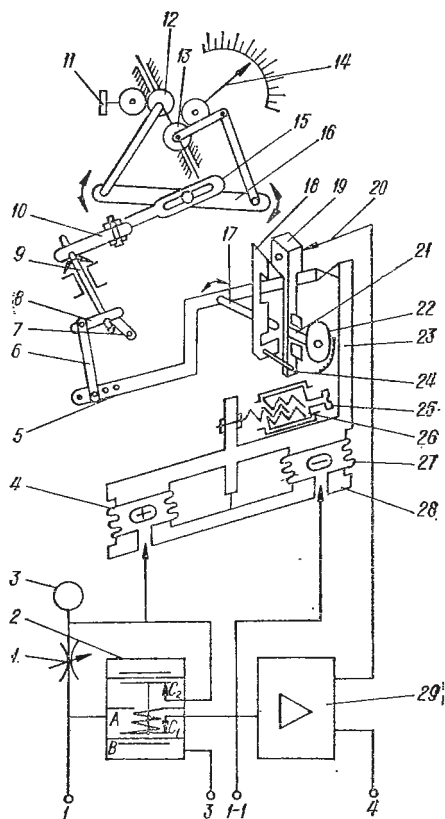


Рис. 54. Принципиальная схема пневматического регулирующего устройства приборного типа.

мени интегрирования 1 (линия положительной обратной связи заперта). При отклонении текущего значения параметра от задания правое плечо рычага 16 перемещается, рычаги 10, 15 вращают ось 9. Вращение оси 9 посредством рычагов 5, 6 (7), 8 вызывает перемещение штифта 17 и соответственно заслонки 18 относительно сопла. По мере приближения заслонки к соплу давление в линии сопла и на выходе пневматического реле 29 возрастает и передается в сильфон отрицательной обратной связи 27. Сильфон разжимается, при этом кронштейн 23 поворачивается. Это перемещение через рычаг 5 и штифт 17 передается на заслонку под определенным углом. Давление на выходе регулятора станет стабильным, когда перемещение штифта 17 прекратится или будет направлено вдоль плоскости заслонки. Положение указателя предела пропорциональности (коэффициента усиления) 22 определяет угол поворота заслонки вместе с соплом относительно оси 21. Сигнал полученный на выходе пневматического реле 29, через отключающее реле 2 передается на исполнительный механизм.

При полностью открытом дросселе времени интегрирования (отметка 0,1) выходное давление поступает в оба сильфона одинаково и отрицательная обратная связь компенсируется, регулятор работает в режиме, близком к позиционному.

Степень закрытия дросселя 1 при наличии RC-цепочки (дроссель 1 и постоянная емкость 3) определяет скорость изменения давления в сильфоне 4 положительной обратной связи и, следовательно, выходного давления.

При равенстве текущего значения параметра и задания выходное давление не меняется, т. е. положение регулирующего органа соответствует нормальному течению технологического процесса.

Выбор режима работы, управление и контроль за ходом исполнительного механизма осуществляется с помощью входящей в комплект поставки панели управления типа ПП12.2 (на рисунке не показана).

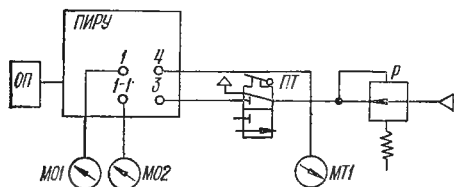


Рис. 55. Схема проверки пневматического регулирующего устройства приборного типа:

МО1, МО2 — образцовые манометры с классом не ниже 0,4 с диапазоном измерения 0—0,16 МПа (0—1,6 кгс/см²); МТ — технический манометр с диапазоном измерения 0—0,16 МПа (0—1,6 кгс/см²); ОП — образцовый прибор (имитатор входного сигнала вторичного прибора); ПИРУ — вторичный прибор со встроенным пневматическим пропорционально-интегральным регулирующим устройством; Р — редуктор.

Схема проверки приведена на рис. 55.

При проверке основной погрешности (смещения контрольной точки) устанавливают головку дросселя времени интегрирования на отметку 0,1 и указатель предела пропорциональности на 100 %.

На образцовом приборе ОП изменяют значение входного сигнала до тех пор, пока указатель прибора не установится последовательно на отметках 10, 50 и 90 % длины шкалы у приборов с реохордом или линейным лекалом и 40, 60, 90 % длины шкалы у прибора — со степенным лекалом. Затем указатель задания совмещают с пером параметра. Изменяя входной сигнал, добиваются стабильного давления на выходе ПИРУ, равного 0,03; 0,06 или 0,09 ± 0,005 МПа (0,3; 0,6; 0,9 ± 0,05 кгс/см²).

Основная приведенная погрешность по каналу регулирования, %, определяется по формуле

$$\gamma = \pm (A_{гр} - A_d) 100 / (A_k - A_n),$$

где $A_{гр}$, A_n , A_k — градуировочные значения входного сигнала, соответствующие поверяемой, начальной и конечной отметкам шкалы в единицах входного сигнала (Ом, мВ, Гн); A_d — действительное значение входного сигнала, соответствующее поверяемой отметке в единицах входного сигнала.

Для прибора со степенной шкалой

$$\gamma = \pm [(A_{гр} - A_d) / (A_k - A_n)] [(1/nZ^{n-1})] 100,$$

где n — показатель степени изменения входного сигнала, равный 2/3; 5/8; 2; $Z = (A_n - A_k) / (A_k - A_n)$ — показания прибора в относительных единицах; A_n — поверяемая отметка шкалы в единицах измерения.

При подаче командного давления на пневмоштуцер 3 сопло C_1 отключающего реле 2 закрывается, а C_2 открывается, давление в линии исполнительного механизма устанавливается ручным задатчиком панели управления на необходимый уровень.

Для переключения регулятора на «прямую» или «обратную» работу предусмотрена перестановка рычага 6 на рычаги 8 и 7.

Предмонтажная проверка пневматического пропорционально-интегрального регулирующего устройства включает проверки: основной погрешности по каналу регулирования, изменения погрешности при изменении предела пропорциональности, предела пропорциональности и времени интегрирования, зоны нечувствительности.

Погрешность по каналу регулирования не должна превышать $\pm 2,5 \%$.

Изменение погрешности при изменении предела пропорциональности проверяют при полностью открытом дросселе времени интегрирования (отметка 0,1). Последовательно устанавливают указатель предела пропорциональности с отметки 10 % (или 25 %) на последующие оцифрованные отметки в сторону увеличения (или уменьшения). Каждый раз изменением положения указателя задания добиваются стабилизации давления на выходе ПИРУ, равного $0,03 \pm 0,005$ МПа ($0,3 \pm 0,05$ кгс/см²). Для каждого установленного положения указателя предела пропорциональности определяют погрешность прибора по каналу регулирования, полученные значения погрешностей сравнивают со значением при пределе пропорциональности 100 % и оценивают изменение погрешности.

Аналогично проводят проверки при стабилизации выходного сигнала на значениях $0,06 \pm 0,005$ МПа ($0,6 \pm 0,05$ кгс/см²) и $0,09 \pm 0,005$ МПа ($0,9 \pm 0,05$ кгс/см²).

Изменение погрешности при изменении предела пропорциональности в пределах шкалы не должно превышать значения допускаемой основной погрешности (2,5 %). Работу по оценке изменения погрешности целесообразно совместить с работами по предыдущему пункту проверки (например, основная погрешность при ПП = 100 % составила $\gamma_{100\%} = 1 \%$, при ПП = 10 % $\gamma_{10\%} = -1,3 \%$; изменение погрешности составляет 2,3 %, что не превышает допустимого значения $\gamma_{\text{доп}} = 2,5 \%$).

При проверке оцифровки шкалы предела пропорциональности устанавливают указатель предела пропорциональности на проверяемую оцифрованную отметку шкалы, головку дросселя времени интегрирования на отметку 0,1 (полностью открыт). Изменяя значение входного сигнала образцовым прибором ОП, устанавливают указатель проверяемого прибора на отметку 50 % длины шкалы у приборов с реохордом или линейным лекалом и 65 % длины шкалы у приборов со степенным лекалом.

Изменяя положение ручки установки задания, стабилизируют давление на выходе регулятора на значении $0,06 \pm 0,005$ МПа ($0,6 \pm 0,05$ кгс/см²) (головка дросселя времени интегрирования на отметке « ∞ »): Изменяют образцовым прибором ОП входной сигнал поочередно в обе стороны от задания так, чтобы выходное давление изменилось на величину $\Delta P_{\text{вых}}$, равную $\pm 0,02$ МПа ($\pm 0,2$ кгс/см²) для пределов пропорциональности 10—100 % и $\pm 0,01$ МПа ($0,1$ кгс/см²) — для предела пропорциональности до 250 %.

Значение предела пропорциональности, %, прибора с реохордом или линейным лекалом определяют по формуле

$$\text{ПП} = \frac{\Delta A \Delta P_{\text{max}}}{\Delta P_{\text{вых}} (A_{\text{к}} - A_{\text{н}})} 100,$$

где $\Delta A = (A'_{\text{п}} - A''_{\text{п}})/2$; $A'_{\text{п}}$ — значение входного сигнала при давлении на выходе $0,06$ МПа + $\Delta P_{\text{вых}}$ в единицах измерения входного сигнала; $A''_{\text{п}}$ — то же, при давлении на выходе $0,06$ МПа — $\Delta P_{\text{вых}}$; ΔP_{max} — диапазон изменения выходного сигнала, равный $0,08$ МПа.

Значение предела пропорциональности, %, прибора со степенным лекалом определяют по формуле

$$\text{ПП} = \frac{\Delta A \Delta P_{\text{max}}}{\Delta P_{\text{вых}} (A_{\text{к}} - A_{\text{н}})} \frac{1}{n 2^{n-1}} 100.$$

Допустимое отклонение действительного значения предела пропорциональности от значений, устанавливаемых в долях номинальных значений числовой отметки шкалы от 10 до 40 % — не более $\pm 0,4 \%$, от 40 до 250 % — не более $\pm 0,2 \%$.

При проверке шкалы времени интегрирования образцовым прибором ОП указатель проверяемого прибора устанавливают

на отметку 50 % длины шкалы прибора, указатель предела пропорциональности — на отметку 100 % и головку времени интегрирования — на отметку 0,1.

Сместив ручку установки задания, стабилизируют давление выходного сигнала на значении $0,06 \pm 0,003$ МПа ($0,6 \pm 0,03$ кгс/см²). Затем устанавливают головку дросселя времени интегрирования на поверяемую отметку, перемещают указатель задания на такое значение, чтобы выходное давление изменилось на величину $0,0136 \pm 0,0004$ МПа ($0,136 \pm 0,004$ кгс/см²). Время интегрирования определяют секундомером как среднее время, необходимое для изменения выходного давления (дополнительно) на величину $0,0136 \pm 0,0004$ МПа ($0,136 \pm 0,004$ кгс/см²) по результатам двух проверок при изменении давления на выходе в сторону увеличения и в сторону уменьшения.

На отметке «∞» изменение давления на выходе должно происходить со скоростью не более $0,000136$ МПа ($0,00136$ кгс/см²) в минуту, что эквивалентно времени интегрирования 100 мин.

Допустимое отклонение действительного значения настроенного значения времени интегрирования от значений, устанавливаемых в долях номинальных значений числовой отметки шкалы 0,1 не более $\pm 0,5$ %.

При проверке зоны нечувствительности прибора по каналу регулирования устанавливают указатель предела пропорциональности на отметку 100 % и головку дросселя времени интегрирования на отметку 0,1. На трех числовых отметках 10, 50 и 90 % длины шкалы для приборов с реохордом или линейным лекалом и 40, 60 и 90 % длины шкалы для приборов со степенным лекалом изменением входного сигнала стабилизируют выходной сигнал на значении 0,03 МПа (0,3 кгс/см²). Входной сигнал изменяют до тех пор, пока не произойдет заметное изменение сигнала на выходе. Затем изменяют входной сигнал в противоположном направлении, при этом направление изменения выходного сигнала должно быть также противоположным.

Аналогично проверяют зону нечувствительности при стабилизации выходного давления на значениях 0,05 и 0,085 МПа (0,5 и 0,85 кгс/см²). Проверку зоны нечувствительности проводят одновременно с проверкой основной погрешности по каналу регулирования. Зона нечувствительности по каналу регулирования не должна превышать 0,5 значения основной допустимой погрешности.

При проверке работоспособности пневмореле снимают шланг со штуцера «Сопло» и, закрывая его, подают на вход регулятора воздух под давлением 0,14 МПа (1,4 кгс/см²). Выходное давление, замеренное образцовым манометром, должно быть не менее 0,125 МПа (1,25 кгс/см²). После достижения максимального давления быстро открывают штуцер «Сопло». Клапан сброса воздуха в атмосферу должен срабатывать при давлении 0,11—0,13 МПа (1,1—1,3 кгс/см²). Если давление срабатывания клапана сброса находится вне указанного предела, настройка проводится регулировочным винтом на торце пневмореле.

При превышении настроенных параметров (предела пропорциональности и времени интегрирования) допустимых значений проводится их настройка.

Время интегрирования настраивают с помощью регулировочных винтов, находящихся под шкалой головки дросселя 1.

Настройка предела пропорциональности проводится при установке головки дросселя времени интегрирования на отметку 0,1. Значение входного сигнала устанавливается равным 50 % длины шкалы прибора. Совмещают указатель установки задания с пером ручной установки задания прибора. Выходное давление стабилизируют на значении 0,055—0,065 МПа (0,55—0,65 кгс/см²) перемещением рычага 6 относительно рычага 5 и микровинтом на рычаге 10.

Устанавливают указатель предела пропорциональности на отметку 250 %, если при этом наблюдается падение или возрастание выходного давления, поворачивают регулировочный винт в ту или иную сторону до прекращения изменения давления. Затем проверяют основную погрешность прибора и ее изменение при изменении предела пропорциональности на соответствие техническим требованиям.

Основные неисправности пропорционально-интегрального регулирующего устройства приборного типа приведены в табл. 59.

Б9. Основные неисправности пневматического пропорционально-интегрального регулирующего устройства

Неисправность	Причина	Способ устранения
Изменяется давление воздуха, поступающего в регулятор	Сбилась настройка редуктора или загрязнился фильтр	Настроить редуктор вращением головки или заменить фильтрующие элементы
При нормальной работе регулятора неудовлетворительно работает регулирующий орган	Засорение или утечка в линии исполнительного механизма	Проверить герметичность линии, продуть сухим чистым воздухом
При установке дросселя времени интегрирования на отметку « ∞ » давление на выходе падает до минимума или возрастает до максимума при установке предела пропорциональности 100 %	Не полностью запирается дроссель настройки времени интегрирования	Настроить дроссель согласно инструкции по эксплуатации интегральных блоков
При установленной контрольной точке и запортом дросселе интегрирования давление на выходе медленно падает до минимума	Негерметичность сильфона положительной обратной связи или пневмосткости интегрального блока	Проверить герметичность мыльным раствором и подтянуть крепежные винты пневмосткости
Контрольные точки смещены в одну сторону	Смещена начальная точка	Настроить контрольные точки (ранее описанные по методике)
Уменьшилось время интегрирования на соответствующих отметках шкалы	Износился дроссель настройки времени интегрирования	Настроить или заменить дроссель

При техническом обслуживании устройства необходимо следить за давлением в линии питания регулятора и герметичностью соединительных линий. Не реже одного раза в неделю следует продувать и не реже одного раза в месяц проверять и очищать от грязи фильтр воздуха или заменять фильтрующие элементы согласно инструкции по эксплуатации фильтра.

Глава 7

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Исполнительный механизм (ИМ) предназначен для перемещения регулирующего органа под воздействием сигнала от управляющего устройства. По виду потребляемой энергии ИМ подразделяются на электрические, пневматические и гидравлические. Наиболее часто применяются электрические и пневматические ИМ.

Электрические ИМ по принципу действия подразделяются на электромагнитные и электродвигательные.

Электромагнитные ИМ используют электромагниты серии ЭВ. Электромагниты типа ЭВ-1, ЭВ-2 (тянущий тип) и электромагнитный ЭВ-4 (толкающий тип) применяются в ИМ, рассчитанных на длительное обтекание их катушек электрическим током (табл. 60).

60. Обмоточные данные катушек электромагнитов серии ЭВ

Тип	Род тока	Напряже- ние, В	Диаметр голового провода, мм (ПЭВ-1)	Число витков	Сопротивление провода при 20 °С, Ом
ЭВ-1	Постоянный	110	0,2	13 650	1067
		220	0,14	26 250	4030
	Переменный	127	0,41	3000	53
		220	0,31	5100	150
ЭВ-2	Постоянный	380	0,23	8770	480
		110	0,25	13 500	752
		220	0,17	26 700	3227
	Переменный	127	0,67	2070	16,1
		220	0,51	3580	48
		380	0,35	6210	176
ЭВ-3	Постоянный	110/220	0,49	2 × 2390	2 × 42,7
ЭВ-4	»	220	0,27	2 × 1520	2 × 89,5
			0,29	18 190	978

Возможные отказы в работе электромагнитных ИМ связаны с изменением сопротивления изоляции электрических цепей и катушек, нарушением регулировки блокировочных контактов, неисправностью выпрямителя) изменением напряжения (тока) срабатывания и опускания электромагнитов, неисправностью механической части, что приводит к увеличению тока срабатывания и выходу из строя катушек.

Исправность механической части определяют при внешнем осмотре, при котором обращают внимание на мягкость хода, отсутствие заеданий и перекосов в подвижной системе, плотность прилегания якоря к ярму, отсутствие грязи на шлифованных поверхностях.

Электродвигательные ИМ, начиная с 1986 г., выпускаются промышленностью как однооборотные типа МЭО, применяемые для приводов заслонок, кранов, и многооборотные типа МЭМ, применяемые для управления запорными регулирующими органами (вентильми, задвижками).

Исполнительные механизмы однооборотные контактные типа МЭОК и бесконтактные типа МЭОБ состоят из электромеханических серводвигателей (трехфазные асинхронные двигатели) с электромагнитным тормозом (МЭОБ) и блоком серводвигателей (БС). Блоки БС выпускаются в трех исполнениях (рис. 56):

БС-1 — содержит концевые и путевые выключатели (2 пары) и реостатный датчик для дистанционного указателя положения;

БС-2 — содержит концевые и путевые выключатели (2 пары), реостатный датчик для дистанционного указателя положения и дифференциально-трансформаторный датчик обратной связи;

БС-3 — то же, что и БС-2, но устройство настройки дифференциально-трансформаторного датчика обратной связи допускает возможность установки «Люфта» хода его плунжера в пределах 20—100 % угла поворота выходного вала.

Реостатный датчик предназначен для работы с индикатором положения ИПУ для дистанционной передачи угла поворота выходного вала в процентах полного рабочего поворота.

Дифференциально-трансформаторный датчик служит для получения сигнала переменного тока, пропорционального перемещению выходного вала ИМ.

При предмонтажной проверке выполняют такие операции: проверяют электрические цепи омметром между клеммами 4—5; 6—7; 8—9 и 10—11. Цепи должны быть замкнуты при включенных выключателях В1—В4 соответственно и разомкнуты при выключенных (рис. 56);

устанавливают блок серводвигателя на серводвигатель, закрепляют поводок на выходном валу так, чтобы его отверстие для соединения с выключа-

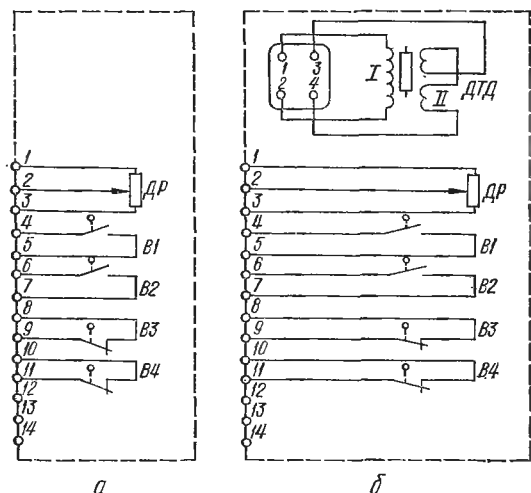
ющей тягой блока серводвигателя и ось выходного вала пахотились в одной горизонтальной плоскости;

устанавливают движок реостатного датчика в среднее положение относительно верхнего и нижнего хомутиков датчика. Регулируя длину выключающей тяги, сочленяют ее с рычагом и поводком сервомотора, затем к клеммам 1—2—3 блока подключают индикатор положения типа ИПУ и подают напряжение. Полностью вводят потенциометр чувствительности «Ч» ИПУ. Корректором «К» ИПУ устанавливают стрелку на середину его шкалы. Поворачивают выходной вал сервомотора при помощи штурвала ручного управления на 45° от среднего положения против часовой стрелки (смотреть со стороны выходного вала). При этом стрелка индикатора ИПУ должна переместиться в сторону «0» его шкалы. В противном случае необходимо поменять местами концы на клеммах 1—3 блока БС либо 6—7 ИПУ. С помощью потенциометра «Ч» ИПУ устанавливают стрелку на «0».

При этом должен разомкнуться контакт выключателя. Размыкание выключателя регулируют регулировочным винтом; устанавливают вал ИМ и стрелку индикатора ИПУ в среднее положение. Аналогичным образом регулируют положение потенциометра «Ч» при установке стрелки

Рис. 56. Электрические схемы блоков сервомоторов типа БС:

а — БС-1; б — БС-2 и БС-3;
ДТД — дифференциально-трансформаторный датчик;
ДР — датчик реостатный;
В1 — В4 — концевые и путевые выключатели.



индикатора на 100 % и размыкание выключателя при повороте выходного вала на 45° против часовой стрелки.

Указанные операции повторяют до тех пор, пока при крайних положениях выходного вала МЭО стрелка ИПУ не будет устанавливаться точно на крайний его деления. Стрелка должна перемещаться плавно, без скачков. В противном случае зачищают обмотку реостата по линии касания движка.

После сочленения МЭО с регулирующим органом иногда проводят дополнительную регулировку. Уточняют действительный поворот выходного вала, обеспечивающий перемещение штока регулирующего органа из одного крайнего положения в другое, корректируют положение механических упоров. Конечные выключатели устанавливают так, чтобы они срабатывали при подходе кривошипа к упору на угол, равный 3°.

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

В качестве исполнительных механизмов в пневматических системах применяются поршневые и мембранные пневмоприводы.

Поршневые отличаются от мембранных большей величиной перемещения рабочего органа и большим развиваемым усилием. Применяются они редко, поэтому в данном справочнике не рассматриваются.

Мембранно-пружинные исполнительные механизмы (МИМ) в зависимости от направления движения выходного звена подразделяются на ИМ прямого (МИМ ППХ) и обратного (МИМ ОПХ) действия. Пневмоприводы могут быть с дополнительными блоками, которые обозначаются в шифре прибора!

позиционер — 02; боковой ручной дублер — 01; верхний ручной дублер — 01В; позиционер и боковой дублер — 0,5; позиционер и верхний дублер — 05В; ИМ без дополнительных блоков — 10.

В обозначение МИМ входят: тип механизма, диаметр заделки мембраны, полный ход выходного звена, комплектация дополнительными блоками, группа механизма в зависимости от параметров окружающей среды, стандарт. Например, МИМ прямого действия с диаметром заделки мембраны 320 мм, полным ходом выходного звена 25 мм, позиционером для работы при температуре окружающей среды (—30) — (+50) °С обозначается МИМ ППХ—320—25—02—П (ГОСТ 17433—80).

МИМП отличается от механизмов типа МИМ более жесткой пружиной, МИМК — наличием рычага вместо выходного звена.

При установке пневматических ИМ возрастает значимость предмонтажной проверки в связи с тем, что на их демонтаж и замену затрачивается много труда и времени.

Предмонтажная проверка включает проверки: отклонения действительного хода штока, основной погрешности и вариации, порога чувствительности, настройки длины штока.

Для проверки отклонения действительного максимального и условного хода штока через редуктор или задатчик в штуцер головки ИМ подают воздух под давлением 0,02 и 0,1 МПа (0,2 и 1 кгс/см²), которое контролируют по образцовому манометру и проверяют при этом отклонение действительного максимального и условного хода штока.

Поскольку шкала ИМ имеет невысокую точность отсчета, на шкалу устанавливают индикатор положения, или отклонение определяют по разности между диапазоном изменения входного сигнала (0,02—0,1 МПа) и действительным его значением. Для этого, изменяя давление в головке ИМ, устанавливают указатель против нулевой отметки шкалы и фиксируют давление воздуха P_0 по образцовому манометру, затем устанавливают указатель на отметку 100 % и также фиксируют давление воздуха P_{100} в головке ИМ [2; 3].

Отношение разности максимального действительного и условного хода к условному ходу, т. е. $X = \frac{(P_{100} - P_0) - 0,02}{0,08} 100\%$ должно быть не более 40 %.

Если X больше допустимого, регулируют натяжение рабочих витков пружины ИМ. При $(P_{100} - P_0) > 0,08$ отворачивают зажимную гайку, при $(P_{100} - P_0) < 0,08$ ее заворачивают.

Основную погрешность ИМ, %, при возможности точного измерения хода штока определяют по формуле

$$\gamma = (S_p - S_d) 100 / S_y,$$

где S_p , S_d и S_y — соответственно расчетное, действительное и условное перемещения штока ИМ, мм.

При невозможности точного измерения хода штока ИМ на вход подают давление в головку ИМ, устанавливают указатель на проверяемую точку и отсчитывают командное давление по образцовому манометру. Расчетное значение давления на проверяемой точке

$$P_p = [(0,08 S_p) / S_y] + 0,02.$$

Например, для точки 25 %

$$P_p = 0,08 \cdot 0,25 + 0,02 = 0,04 \text{ МПа.}$$

Тогда основная погрешность, %,

$$\gamma = (P_p - P_d) 100 / 0,08,$$

где P_p , P_d — расчетное и действительное значения давления, МПа.

Значение основной погрешности также определяют на значениях хода штока соответствующих 40; 75 и 100 % условного хода последовательно при повышении и снижении давления.

В а р и а ц и ю определяют как отношение наибольшей разности между действительными значениями прямого и обратного хода штока при одном и том же значении командного сигнала к условному ходу, %,

$$B = (S'_d - S''_d) 100/S_y,$$

где S'_d , S''_d , S_y — соответственно действительное прямое, действительное обратное и условное значения хода штока, мм, или

$$B = (P'_d - P''_d) 100/0,08,$$

где P'_d , P''_d — прямое и обратное действительные значения давления, МПа. Значение основной погрешности и вариации не должно превышать допускаемой основной погрешности, равной 1,5; 2,5 и 4 % соответственно для клапанов классов точности 1,5; 2,5 и 4,0.

Если погрешность и вариация выше допускаемых значений, проверяют и по возможности ослабляют затяжку сальника, проверяют и устраняют механические повреждения штока (искривления, заусеницы, царапины).

Порог чувствительности определяют при 20, 50 и 80 % значения командного сигнала (полного диапазона) как при его увеличении, так и при уменьшении. Для определения порога чувствительности плавно увеличивают (или уменьшают) P_k до момента трогания штока и проводят отсчет по манометру.

Отношение разности между расчетным значением командного сигнала и P_k в момент трогания штока и диапазона изменения командного сигнала, выраженное в процентах, определяет порог чувствительности. Он должен быть не более 0,4; 0,6; 1 % соответственно для механизмов класса точности 1,5; 2,5 и 4.

После проверки ИМ необходимо настроить длину штока регулирующего органа. Для этого на вход подают воздух под давлением 0,02 МПа для клапанов типа «НЗ» (нормально закрытый) и 0,1— для клапанов «НО» (нормально открытый). Затвор при этих давлениях должен плотно войти в седло, что можно определить по толчку, ощущаемому рукой, приложенной к штоку. Момент закрытия регулируют муфтой, сочленяющей штоки ИМ и регулирующего органа.

При необходимости переделки одного типа МИМ на другой, например «НЗ» на «НО», снимают верхнюю крышку МИМа и нижнюю крышку клапана, вывинчивают шток из золотника и завинчивают в противоположный конец его, меняя местами верхние и нижние седла. Пропускают шток через отверстие снизу и собирают клапан. Шкальную пластинку устанавливают так, чтобы вверху ее была надпись «Закрыто».

Настраивают длину штока.

Позиционеры

Принцип работы позиционера основан на преобразовании импульса, поступающего от регулирующего прибора, в давление воздуха, необходимое для обеспечения заданного хода дросельного органа. Применяются позиционеры для повышения мощности и быстродействия ИМ.

Технические характеристики позиционеров приведены в табл. 61.

Все позиционеры, кроме П4-10-VI, имеют встроенный редуктор. При выпуске позиционеры комплектуются фильтрами воздуха, а позиционер П4-10-VI — стабилизатором давления воздуха. Рычажные позиционеры в зависимости от способов крепления (Г-образным кронштейном или планкой) обозначаются индексом А и Б соответственно. В зависимости от направления движения выходного звена позиционеры выпускаются в двух исполнениях: для установки на МИМах прямого действия (обозначаются индексом П) и обратного действия (индекс ПО).

61. Технические характеристики позиционеров

Условное обозначение	Направление движения выходного звена	Пределы настройки выходного звена, мм	Способ присоединения к МИМу	Устройство обратной связи	Основная допускаемая погрешность, % от величины условного хода	Вариация, % от величины условного хода
П4-10—У1	Прямое и обратное	4—10	Штуцерами	Непосредственное	1,5	1,5
П10-25—У1		10—25				
П10-75—А—У1	Прямое	10—75	Г-образным кронштейном	Рычажное	2,5	2,5
П10-75—Б—У1			Планкой			
П10-100—А—У1		10—100	Г-образным кронштейном			
П10-100—Б—У1			Планкой			
П025-100—А—У1	Обратное	25—100	Г-образным кронштейном			
П025-100—Б—У1			Планкой			

Позиционеры выпускаются настроенными на ход штока 25 мм (позиционер П4-10-У1 — 10 мм). Изменение хода, кратное 25 мм, обеспечивается за счет отверстий на рычаге обратной связи. Позиционеры прямого действия с условным ходом от 10 до 100 мм на рычаге после оси подвески имеют четыре отверстия, с условным ходом от 10 до 75 мм и обратного действия с условным ходом от 25 до 100 мм — три отверстия.

Если позиционер устанавливается на МИМ с ходом штока, не кратным 25 мм (а позиционер П4-10-У1 на МИМ с ходом штока менее 10 мм), перед монтажом необходимо произвести переналадку, т. е. настройку его хода в соответствие с ходом штока МИМа, которая осуществляется изменением числа рабочих витков пружины обратной связи. Ориентировочно устанавливается число рабочих витков регулировочной гайкой исходя из следующих данных:

Ход штока позиционера, мм	Число рабочих витков пружины
4	1,5
6	2,2
10	3,6
16	5,8
25	9,0
40	7,2
60	7,2
100	9,0

Наладку (перестройку) позиционера надо проводить в следующей последовательности:

уточнить условный ход МИМа, на который будет установлен позиционер; исходя из условного хода определить оптимальную величину настройки хода штока, при этом должны выполняться условия: $L_{\Pi} = L_M/k \leq 25$ мм — для позиционеров прямого действия; $L_{\Pi} = L_M/(k + 1) \leq 25$ мм — для позиционеров обратного действия, где L_{Π} — величина настройки хода штока позиционера, мм; L_M — условный ход МИМа, мм; k — передаточное число обратной связи от позиционера к МИМу, равное порядковому номеру отверстия на рычаге (считая от оси подвески).

Например, позиционер П10-100-Б-VI требуется перестроить на МИМ с условным ходом 60 мм. Величина хода штока $L_{\Pi} = 60/30 = 20$ мм.

Затем следует расконтрить пружину и гайку, с помощью винтов переместить вверх до получения необходимого количества рабочих витков; вернуть шток до соприкосновения ограничительной гайки с направляющей втулкой кронштейна (в штуцерах — до соприкосновения с грибком МИМа), законтрить пружину и гайку.

Глава 8

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

При выполнении задач, решаемых метрологической службой предприятия, сведений, содержащихся в Инструкциях по эксплуатации приборов и средств автоматизации, зачастую недостаточно.

Поэтому персонал СМ и А предприятия должен уметь выбрать из проектной документации по автоматизации технологических процессов нужные для работы документы и знать, как правильно их использовать.

Проектная документация по автоматизации технологических процессов при строительстве новых, расширении, реконструкции и перевооружении действующих предприятий выполняется согласно Инструкции о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектов и смет на строительство предприятий, зданий и сооружений (СН202—81 Госстрой СССР).

В соответствии с этими документами проектирование ведется в одну и две стадии. Проектирование в одну стадию — рабочий (техно-рабочий) проект выполняется для технически несложных объектов или при включении в проект типовых решений. Проектирование в две стадии — технический проект и рабочая документация — выполняется для крупных промышленных комплексов, а также при применении новой технологии производства.

Из рабочей документации или техно-рабочего проекта персоналом СМ и А предприятия используются: структурная и функциональная схемы системы управления; принципиальные электрические (пневматические, гидравлические) схемы управления, сигнализации, измерения, регулирования и питания; монтажные схемы щитов и пультов; схемы внешних электрических в трубных проводок; пояснительная записка; заказные спецификации.

СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ

Эти схемы поясняют принципы построения систем управления технологическими процессами, отображают основные функциональные части системы и взаимосвязи между ними. Схемы содержат условные изображения: основных подразделений с разбивкой на цеха и участки; постов управления; основных и вспомогательных служб, должностных лиц, участвующих в управлении; основных функций, реализуемых на каждом посту управления; линий связи между производствами, службами, постами и т. д.

Структурные схемы служат основой для построения функциональных схем и их правильного понятия. Подразделения и посты управления выполняются на схемах в виде прямоугольников, направление информационных потоков обозначается стрелками. Более подробно о составлении структурных схем изложено в источниках [6, 20].

Эти схемы являются основным документом проекта. Они представляют собой символическое изображение аппаратов и агрегатов технологического процесса и трубопроводов, соединяющих их, показывают функциональные связи между ними и элементами систем автоматизации.

Выполняются ФСА для каждого структурного участка отдельно и их число соответствует числу оперативных постов управления. Для сложных систем автоматизации ФСА могут составляться раздельно для автоматического контроля, технологической сигнализации, защиты и блокировок и для системы автоматического управления и регулирования.

Технологическое оборудование на ФСА показывают условными обозначениями, принятыми в технологической части проекта, или в соответствии с их натуральным видом без соблюдения масштаба. Допускается изображение отдельных узлов и агрегатов в виде прямоугольников с соответствующими наименованиями. Детали и элементы оборудования изображаются в случае, если существует непосредственный контакт с ними приборов и средств автоматизации.

Технологические трубопроводы изображаются черными линиями толщиной до 1—2 мм, направление потоков жидкостей и газов — стрелками. На трубопроводах изображают только основную и регулирующую аппаратуру, которая относится к системам автоматизации.

Приборы и средства автоматизации изображаются в соответствии с ГОСТ 21 404—75. В связи с тем что на многих предприятиях существует проектная документация, выполненная до 1985 г. по ГОСТ 3925—59, в табл. 62 приведены условные обозначения в соответствии с обоими ГОСТами.

При условных обозначениях приборов на первом месте стоит индекс параметра (*T* — температура; *P* — давление; *L* — уровень; *F* — расход; *Q* — физико-химический состав и т. д.), на втором — функция приборов; *I* — показание; *R* — регистрация; *A* — сигнализация; *C* — регулирование с обозначением сверху закона (позиционное — *Пз*, пропорциональное — *П*, пропорционально-интегральное — *ПИ*). Индекс функции может стоять и на третьем месте при выполнении прибором нескольких функций.

В преобразователях на первом месте стоит входной сигнал, например, *E* — электрический.

В организациях Минмонтажспецстроя ГОСТ 21 404—85 с 1978 г. существовал как ОСТ 3627—77.

Все первичные преобразователи и отборные устройства показываются непосредственно на изображениях технологического оборудования или в непосредственной близости; на технологических коммуникациях наносятся изображения регулирующих органов и исполнительных механизмов, связанных с ними механически.

Аппаратура, размещенная на щитах, выделяется в прямоугольники в нижней части под технологической схемой. Прямоугольники группируют приборы по месту их расположения или другим признаком.

Например: «Щит сигнализации», «Пульт оператора», «Вспомогательный щит» и т. д. Наименования щитов помещаются в левой части схемы. Приборы и средства автоматизации, которые конструктивно не связаны с технологическим оборудованием, показываются в прямоугольнике «Местные приборы». Он располагается над прямоугольниками щитов.

Точки входа и выхода сигналов на прямоугольниках соответствующих блоков показываются на соединительных линиях кружками диаметром 1,5—2 мм.

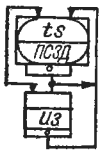
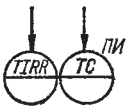
На соединительных линиях вблизи пересечения с прямоугольником щита указывают максимальное рабочее значение измеряемой величины и другие пояснения, ссылки.

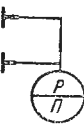
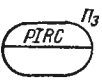
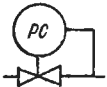
Если несколько первичных преобразователей подключаются к одному вторичному прибору, допускается объединять соединительные линии в одну.

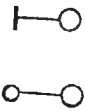
При выполнении ФСА сложных установок допускается делать обрыв линий связи, при этом концы их нумеруются одной и той же арабской цифрой. Концы нумеруются возле прямоугольников в возрастающем порядке слева направо.

62. Условные обозначения приборов и средств автоматизации

№ п/п	Условное обозначение		Выполняемая функция	Прибор или средство автоматизации
	в соответствии с ГОСТ 3925—59	в соответствии с ГОСТ 21.404—85		
1	2	3	4	5
1			Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту	Термометр сопротивления одинарный
				Термопара одинарная
				Термобаллон манометрического термометра
				Термометр dilatометрический или биметаллический
				Термометр сопротивления двойной
2			Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту	Термометр расширения стеклянный
3				Термометр манометрический, установленный по месту
				Термометр манометрический, установленный на местном щитке
4			Прибор для измерения температуры бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту	Преобразователь температуры dilatометрический, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний
				Преобразователь температуры полупроводниковый, бесшкальный, с дистанционной передачей показаний
5			Прибор для измерения температуры показывающий, установленный на щите	Милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический

1	2	3	4	5
6			Прибор для измерения температуры одноточечный, регистрирующий, установленный на щите	Самопишущий милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический
7			Прибор для измерения температуры с автоматическим обгоняющим устройством, регистрирующий, установленный на щите	Многоточечный самопишущий потенциометр, мост автоматический и т. д.
8			Прибор для измерения температуры показывающий, регистрирующий с позиционным регулятором, установленный на щите	Самопишущий милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический
9			Регулятор температуры бесшкальный, установленный по месту	Дилатометрический регулятор температуры
10			Прибор для измерения температуры бесшкальный с контактным устройством, установленным по месту	Реле температурное
11			Регулятор температуры пропорционально-интегральный, установленный на щите	Прибор регулирующий. Справа, вне графического обозначения, наносятся буквенные обозначения закона регулирования: пропорциональный — «П»; пропорционально-интегральный — «ПИ»; пропорционально-интегральный - дифференциальный — «ПД»; позиционный — «Пз»
12			Комплект для измерения температуры показывающий, регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленный на щите (ПИ-регулирование)	Вторичный прибор и регулирующий блок системы «Старт»

1	2	3	4	5
13			Прибор для измерения давления показывающий, установленный по месту	Показывающий манометр (дифманометр, тягомер, напоромер, вакуумметр и т. д.)
14			Прибор для измерения перепада давления показывающий, установленный по месту	Показывающий дифманометр
15			Прибор для измерения давления (разряжения) показывающий бесшкальный, с дистанционной передачей, установленный по месту	Манометр (дифманометр, тягомер, напоромер, вакуумметр и т. д.) с пневмо- или электропередачей
16			Прибор для измерения давления (разряжения) показывающий, регистрирующий, установленный на щите	Показывающий, самопишущий манометр или любой вторичный прибор для показания и регистрации давления
17			Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту	Реле давления
18			Прибор для измерения давления показывающий, с контактным устройством, установленный по месту	Электроконтактный манометр (вакуумметр и т. д.)
19			Прибор для измерения давления показывающий, регистрирующий, с позиционным регулирующим устройством, установленный на щите	Прибор вторичный дифференциально-трансформаторный
20			Регулятор давления, работающий без использования постороннего источника энергии	Регулятор давления прямого действия

1	2	3	4	5
21			Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту	Диафрагма Приемное устройство расходомера электромагнитного Приемное устройство измерителя потока Приемное устройство ультразвуковое (расходомера) Приемное устройство радиоактивное (расходомера)
22			Прибор для измерения расхода бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту	Дифманометр бесшкальный с электро- или пневмопередачей
23			Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту	Ротаметр бесшкальный с электро- или пневмопередачей Дифманометр показывающий Ротаметр показывающий
24			Прибор для измерения расхода интегрирующий, установленный по месту	Счетчик-расходомер с интегратором
25			Прибор для измерения расхода показывающий, интегрирующий, установленный на щите	Вторичный прибор индукционного расходомера со счетной приставкой
26			Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту	Приемное устройство емкостное (уровнемера) Приемное устройство поплавковое (уровнемера)

	2	3	4	5
27			Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту	Напоромер (манометр, дифманометр), используемый для измерения уровня
28			Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения физико-химического состава и качества вещества, установленный по месту	Датчик pH-метра. Надпись справа, вне графического обозначения — «pH», расшифровывает конкретную измеряемую величину
29			Прибор для измерения физико-химического состава и качества вещества, установленный на щите	Вторичный прибор газоанализатора. Надпись справа, вне графического обозначения — % CO ₂ , расшифровывает конкретную измеряемую величину
30		 	Преобразователь сигнала, установленный на щите	Преобразователь измерительный, служащий для преобразования ТЭДС термометра электрического в сигнал постоянного тока Преобразователь сигнала входной — пневматический, выходной — электрический Преобразователь сигнала от КЭП: входной — электрический, выходной — пневматический
31			Байпасная панель дистанционного управления, установленный на щите	—
32	 		Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления (включение — выключение двигателя; открытие — закрытие запорного органа; изменение задания регулятору)	Задатчик управления мощный (маломощный) Кнопка управления Ключ управления

1	2	3	4	5
33			Аппаратура, предназначенная для выбора цепей управления (измерения), установленная на щите	Переключатель электрических цепей измерения
				Переключатель для газовых (воздушных) линий, пневматумблер
				Ключ управления, предназначенный для выбора управления
34			Электродвигатель	Исполнительный механизм с электродвигателем переменного тока
				Исполнительный механизм с электродвигателем постоянного тока
35			Сирена электрическая (пневматическая)	—
36			Лампа сигнальная (табло)	—

Каждому измерительному и регулирующему комплексу присваивается порядковый номер на схеме, а каждому элементу, изображенному на ФСА — позиционное обозначение (позиция). Обозначение состоит из номера комплекта, к которому добавляется буквенный индекс, начиная от первичного преобразователя и кончая регулирующим органом. Например, первичный преобразователь — 1а, местный прибор — 1б, вторичный прибор — 1в, регулятор — 1г, исполнительный механизм — 1д, регулирующий орган — 1е. Позиционное обозначение наносят в нижней части обозначения прибора (окружности, овала).

Позиционные обозначения электродвигателей исполнительных механизмов, запорной и регулирующей аппаратуры наносят на выносных линиях — полках рядом с устройствами.

На первых листах ФСА приводятся перечень приборов и средств автоматизации, таблица условных обозначений и примечаний (допускается перечень выполнять отдельными листами). Перечень является исходным для составления заказных спецификаций и располагается в правом верхнем углу.

Все приборы объединяются в группы: аппаратура по месту, аппаратура на щитах и т. д.

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

По виду питающей энергии принципиальные схемы подразделяются на электрические, пневматические, гидравлические, а по выполняемым функциям — на схемы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации.

Эти схемы отражают принцип действия систем управления, сигнализации, регулирования и взаимодействия между отдельными элементами схемы, а также способ электропитания приборов и средств автоматизации. Составляют ПЭС на основе функциональных схем автоматизации, схем электропитания, общих видов щитов и пультов (предварительные решения); они являются исходными для составления заказных спецификаций, уточнения общих видов, справочным материалом для монтажа, наладки и эксплуатации.

При изображении ПЭС используют принцип развертки (по ГОСТ 2.702—75 — разнесенный способ), при котором все элементы аппаратов, действующие в разных цепях, располагаются в порядке действия узлов схемы и ее элементов.

Например, если после включения какого-то агрегата производится автоматическое открытие задвижки, то изображаются цепи управления агрегатом, ватом цепи управления задвижкой и т. д.

ПЭС вычерчивают с применением условных графических изображений. Изображения коммутационных устройств и контактных соединений даны по ГОСТ 2755—74. Изображения всех элементов по единой конструкторской документации (ГОСТ 2721—74, 2755—74) приведены в работе [6].

Контактные реле приборов, аппаратов и всех коммутирующих устройств показывают в нормальном положении, когда отсутствуют ток во всех цепях и внешнее принудительное механическое воздействие на подвижные контакты.

Контакты контрольно-измерительных и регулирующих приборов показывают на схеме в соответствии с их положением при оптимальном значении технологического параметра (температуры, давления и т. д.). Например, при сигнализации минимальной и максимальной температур контакты прибора, измеряющего эти температуры, показывают разомкнутыми, так как процесс ведется на оптимальном режиме.

При применении в схемах часто встречающихся приборов измерения технологических параметров (мостов, потенциометров и т. д.) схемы этих приборов изображают в виде прямоугольников, внутри которых проставляют клеммы с указанием их номеров и подведенных цепей.

Силовые питающие цепи выполняются в развернутом виде. Допускается питающие цепи и автоматизированные приводы на схеме не показывать, оставляя на схеме только блоки управления, на которые воздействуют элементы автоматизации. В этом случае дается ссылка на чертежи электрической части проекта, где они показаны.

ПЭС регулирования выполняют тремя способами. Схемы, где доминирует приборная аппаратура без использования промежуточного электротехнического оборудования в зависимости от общеизвестности его внешнего соединения или вовсе не приводят или приводят в виде так называемых схем «обвязки регуляторов».

Схемы, в которых применяются регулирующие приборы, осуществляющие регулирование по определенному закону, в поясняющем тексте содержат значения настроечных параметров регуляторов (предел пропорциональности, время интегрирования и предвращения). Если эти параметры неизвестны, приводятся ориентировочные их значения с указанием, что они подлежат уточнению при наладочных работах.

Схемы, выполненные для регуляторов с программным регулированием, в поясняющей части содержат временную характеристику.

Для регуляторов, в комплекты которых входит электротехническая аппаратура, схемы выполняются смешанным способом, при котором цепи релейной аппаратуры показывают в виде развернутых (элементных), а аппаратура регулирования — в виде схем соединений.

Схемы управления и блокировочно-защитные цепи располагаются с правой стороны силовых цепей. Питающие участки на схеме показывают сплошными вертикальными линиями, к которым присоединяют горизонтально расположенные цепи управления, регулирования, блокировок приборов и аппаратов в порядке последовательности их действия.

Схемы цепей управления, имеющие общее соединение, в целях наименьшего пересечения содержат несколько вертикальных участков, к которым подсоединяются эти схемы.

В случаях, когда провод цепи управления имеет соединение с другой схемой, линию связи, переходящей из схемы в схему (лист), обрывают за пределом схемы и не заканчивают стрелкой, а рядом указывают маркировку и в круглых скобках — номер чертежа.

Разборные соединения в виде разъемов соединяются между собой штриховой линией механической связи или сплошными линиями.

Замыкающие, размыкающие и переключающие элементы токоприемников, которые показаны на других чертежах, обводятся пунктирным контуром, возле которого приводится ссылка на номер чертежа, в котором дана схема обмотки данного аппарата.

В целях большей наглядности допускается вместо условных изображений сложных аппаратов наносить заводские схемы (монтажные), которые обводятся пунктирным контуром.

Принципиальные электрические схемы сигнализации выполняются по аналогии со схемами управления. Против каждой цепи дается поясняющая надпись. Например: «Цепи реле звукового сигнала».

Если схема сигнализации по одному агрегату распространяется на другие агрегаты, она снабжается соответствующими надписями.

Для облегчения чтения принципиальных схем, определения принципа действия системы автоматизации приводят дополнительные поясняющие сведения в виде диаграмм действия контактов для всей применяемой аппаратуры, в которых приводят последовательность работы цепей системы автоматизации путем отображения моментов и длительности замыкания контактов. На каждой диаграмме указывают наименование прибора, номер его позиции, условное обозначение.

При обозначении элементов схем каждому графическому изображению, показанному на принципиальной электрической схеме, присваивается условное позиционное обозначение, которое применяется в виде буквенно-цифрового кода. Первая буква (применяются заглавные буквы латинского алфавита) определяет группу элементов, вторая — вид элемента.

Например, термопреобразователь сопротивления обозначается ВК, регистрирующий прибор — РБ и т. д.

Допускается кодирование одной буквой, если в схеме не содержится других элементов этого вида. Например, если в схеме нет других пускателей, реле, контакторов, то пускатель можно обозначить буквой К.

При использовании в схеме нескольких единиц однотипного оборудования к буквенному обозначению добавляется цифровая приставка в виде арабских цифр, обозначающая порядковый номер аппарата. Все элементы (например, контакты) сохраняют буквенно-цифровое обозначение этого аппарата. Более подробно обозначения элементов схем приведены в источнике [6].

В сложных схемах со многими связями применяют маркировку цепей путем последовательной их нумерации с указанием адреса контактов. Для маркировки цепей рекомендуется распределение групп чисел (табл. 63).

63. Распределение групп чисел

Назначение цепи	Группа чисел	
	Основная	Резервная
Для управления, регулирования, измерения	1—399	1001—1399 2001—2399 и т. д.
Для сигнализации	400—799	1400—1799 2400—2799
Для питания	800—999	1800—1999 2800—2899

При горизонтальном изображении цепи их ответвления нумеруются сверху вниз, при вертикальном — слева направо и проставляются слева или сверху схемы.

Для цепи, где находится катушка реле пускателя, делается выноска, которая располагается напротив этого аппарата и делится на две части, обозначаемые буквами З (замыкающие контакты) и Р (размыкающие контакты). Рядом с ними проставляют номера цепей, в которых заняты контакты обозначенного аппарата. Если контакт занят в другой схеме, то в выноске указывают номер цепи данной схемы.

Помимо маркировки элементов цепи при вычерчивании схем маркируют проводники для их опознания и для определения назначения и положения отдельных участков схемы. Для маркировки применяют арабские цифры. В случае необходимости цифровая маркировка может быть дополнена буквенной приставкой (прописные буквы русского алфавита). Маркировку проставляют при горизонтальном вычерчивании цепи над участком проводника, а при вертикальном — справа.

Участки цепи, разделенные контактами, катушками, маркируются разными цифрами. Участки цепи, соединяющийся в одном месте, а также проходящие через разъемное контактное устройство, маркируются одной цифрой.

Принципиальные пневматические схемы

Большая часть пневматических систем автоматизации базируется на серийно выпускаемых пневматических приборах и регуляторах, принцип действия и состав которых могут быть определены по функциональным схемам автоматизации и заводским инструкциям, поэтому для них принципиальные схемы не составляются.

Если применяемые в системе элементы пневмоавтоматики выполняют оригинальные функции, то для этих систем разрабатывают принципиальные пневматические схемы автоматизации.

В тех случаях, когда схемы управления или защиты выполнены не только на пневмоэлементах, но и с применением аппаратуры с электроприемниками, воздействующими на пневматические цепи, такие схемы вычерчивают совместно, но электрические цепи указанных электроприемников могут быть изображены на отдельных чертежах [6].

Если схема управления выполнена на пневматических, а сигнализация — на электрических элементах, то эти схемы вычерчиваются раздельно, причем электрические вычерчиваются в рассмотренном порядке.

Цепи пневмоавтоматики на схеме располагают горизонтально в виде вертикальных колонок в порядке последовательности их работы. Устройства и приборы на схемах обозначаются в виде прямоугольников. На контуры прямоугольников в кружках помещают номера штуцеров, к которым подсоединяются внешние трубные проводки. Номера штуцеров маркируют арабскими цифрами, номера штуцеров для подключения контрольных приборов — индексами 1—1, 1—2 и т. д.

Трубным проводкам, соединяющим приборы и устройства, присваиваются порядковые номера и для отличия их от электрических перед ними ставят цифру 0. Номер проводки помещают в кружок, располагаемый в разделе линии.

Переключающие устройства и золотники на схеме показываются в положении «автоматическое управление». Подвижные пневмоконтакты (концевые выключатели) показываются в положении, когда отсутствует внешнее принудительное механическое воздействие. Схему управления вычерчивают в положении, когда средства автоматизации находятся в выключенном состоянии. При этом под замыкающим контактом пневмоэлемента подразумевается такое его состояние, при котором сжатый воздух питания не поступает на выход элемента при отсутствии командного сигнала; под размыкающим контактом подразумевается такое его состояние, при котором сжатый воздух питания беспрепятственно поступает на выход элемента при отсутствии командного сигнала.

Принципиальные электрические и пневматические схемы питания в связи с тем, что обслуживание цепей электро- и пневмопитания возложено на персонал энергослужбы и ремонтно-механической службы, подробно изложены в источниках [1; 6; 20].

Схемы цепей управления, имеющие общее соединение, в целях наименьшего пересечения содержат несколько вертикальных участков, к которым подсоединяются эти схемы.

В случаях, когда провод цепи управления имеет соединение с другой схемой, линию связи, переходящей из схемы в схему (лист), обрывают за пределом схемы и не заканчивают стрелкой, а рядом указывают маркировку и в круглых скобках — номер чертежа.

Разборные соединения в виде разъемов соединяются между собой штриховой линией механической связи или сплошными линиями.

Замыкающие, размыкающие и переключающие элементы токоприемников, которые показаны на других чертежах, обводятся пунктирным контуром, возле которого приводится ссылка на номер чертежа, в котором дана схема обмотки данного аппарата.

В целях большей наглядности допускается вместо условных изображений сложных аппаратов наносить заводские схемы (монтажные), которые обводятся пунктирным контуром.

Принципиальные электрические схемы сигнализации выполняются по аналогии со схемами управления. Против каждой цепи дается поясняющая надпись. Например: «Цепи реле звукового сигнала».

Если схема сигнализации по одному агрегату распространяется на другие агрегаты, она снабжается соответствующими надписями.

Для облегчения чтения принципиальных схем, определения принципа действия системы автоматизации приводят дополнительные поясняющие сведения в виде диаграмм действия контактов для всей применяемой аппаратуры, в которых приводят последовательность работы цепей системы автоматизации путем отображения моментов и длительности замыкания контактов. На каждой диаграмме указывают наименования прибора, номер его позиции, условное обозначение.

При обозначении элементов схем каждому графическому изображению, показанному на принципиальной электрической схеме, присваивается условное позиционное обозначение, которое применяется в виде буквенно-цифрового кода. Первая буква (применяются заглавные буквы латинского алфавита) определяет группу элементов, вторая — вид элемента.

Например, термопреобразователь сопротивления обозначается ВК, регистрирующий прибор — РБ и т. д.

Допускается кодирование одной буквой, если в схеме не содержится других элементов этого вида. Например, если в схеме нет других пускателей, реле, контакторов, то пускатель можно обозначить буквой К.

При использовании в схеме нескольких единиц однотипного оборудования к буквенному обозначению добавляется цифровая приставка в виде арабских цифр, обозначающая порядковый номер аппарата. Все элементы (например, контакты) сохраняют буквенно-цифровое обозначение этого аппарата. Более подробно обозначения элементов схем приведены в источнике [6].

В сложных схемах со многими связями применяют маркировку цепей путем последовательной их нумерации с указанием адреса контактов. Для маркировки цепей рекомендуется распределение групп чисел (табл. 63).

63. Распределение групп чисел

Назначение цепи	Группа чисел	
	Основная	Резервная
Для управления, регулирования, измерения	1—399	1001—1399 2001—2399 и т. д.
Для сигнализации	400—799	1400—1799 2400—2799
Для питания	800—999	1800—1999 2800—2899

проводников (например: SA1 : 2, SA2 : 1). В графе «Данные провода» указывают марку провода, сечения и т. д. В графе «Примечание» записывают поясняющие данные, например: «Измерительные цепи», «42 В» и т. д.

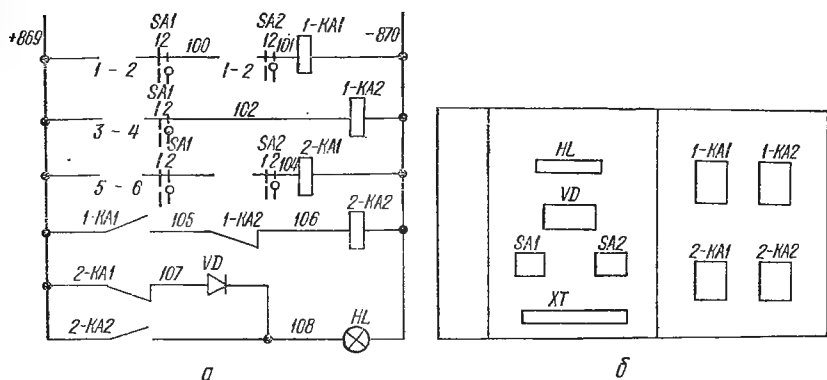


Рис. 57. Примеры для выполнения монтажных схем табличным способом: а — принципиальная электрическая схема; б — расположение приборов на стенках щита.

Таблица подключений (табл. 65) выполняется в порядке, соответствующем расположению приборов и аппаратов на щите последовательно по стенкам: левая, передняя, правая и поворотная конструкция.

65. Таблица подключения

Проводник	Вывод	Вид контакта	Вывод	Проводник	Проводник	Вывод	Вид контакта	Вывод	Проводник
-----------	-------	--------------	-------	-----------	-----------	-------	--------------	-------	-----------

Технические требования

Таблица подключения...

*108	1	HL	2	870	870	XT	1	—	2	870
		H					1-KA1			
107	1	VD	2	108	*+879	3	3		4	105
		H			101	A	K		В	840
*869	1П	SA1	2	100		1-KA2				
*869	3П	—	4	102	105	3	P		4	106
869	5П	—	6	103	102	A	K		В	870
		SA2				2-KA1				
100	1	—	2	101	*+869	3	P		4	107
103	3	—	4	104	104	A	K		В	870*
					+869	3	3		4	108
					106	A	K		В	870*

В графе «Проводник» указывают маркировку проводов, подключенных к соответствующему выводу. Если к выводу подводятся два проводника, ставится знак (*).

В графе «Вид контакта» проставляют позицию прибора по спецификации или позиционное обозначение аппарата, блока зажимов и т. д. Кроме позиции при необходимости указывают обозначение колодки и штепсельного

размера, условное обозначение контактов реле, переключателей, кнопок, магнитных пускателей. Применяются следующие обозначения: *З* — замыкающий контакт; *Р* — размыкающий контакт; *К* — катушка реле.

Переключающий контакт записывают двумя строчками как контакт размыкающий и замыкающий. При этом общий вывод записывают один раз в строчке там, где записывают размыкающий контакт.

Допускается в этой графе проставлять также условное обозначение зажимов с перемычкой и подгоночной катушкой.

В графе «Вывод» проставляют номера выводов в следующем порядке: для приборов, аппаратов, блоков зажимов, реле, переключателей, магнитных пускателей. Если в графе стоит «П» — перемычка.

СХЕМЫ ВНЕШНИХ ПРОВОДОВ

Схемы показывают линии связи между приборами средств автоматизации и щитами. Выполняются они по производственному признаку.

При выполнении схемы по ее периметру располагают табличные поясняющие надписи, которые размещают в прямоугольниках. Поясняющие надписи могут быть и индивидуальные, которые располагают над ним внутри графических изображений элементов схемы. В поясняющих таблицах указывают наименование агрегатов, контролируемых и регулируемых технологических параметров, места установки отборных устройств, наименование аппаратов.

Ближе к центру, над и под таблицами показывают отборные устройства, первичные преобразователи, исполнительные механизмы и другие средства автоматизации, устанавливаемые на технологическом оборудовании и трубопроводах. Указанные аппараты показывают в виде окружностей с условным обозначением, принятым при выполнении ФСА.

Внутри условных изображений первичных преобразователей и других приборов, имеющих подсоединение к электрической цепи, показывают зажимы в соответствии с их действительным положением на изделии, а также тип прибора. Над выноской проставляют позицию прибора по ФСА и спецификации, а под выноской — номер установочного чертежа для данного прибора.

Для аппаратов, не имеющих маркировки внешних выводов, указывают схему внутренних соединений.

В средней части схемы в виде прямоугольников показывают щиты, пульты. Между изображением щитов и изображениями отборных устройств первичных преобразователей и исполнительных механизмов размещают изображение соединительных коробок, вторичных приборов и других элементов систем автоматизации, устанавливаемых по месту.

Около их графического изображения под выноской указывают тип и порядковый номер данного устройства.

Электрические проводки между перечисленными элементами систем автоматизации чертят на схеме сплошными линиями. Около каждой линии наносят марку кабеля (провода), его длину в метрах, число жил, их сечение. Маркируют электрические проводки порядковыми номерами слева направо и сверху вниз. При этом первыми номеруют провода от первичных преобразователей к соединительным коробкам, затем — провода от соединительных коробок к щитам. На изображении проводов указывают маркировку цепей, взятую из принципиальных схем, заводскую маркировку зажимов.

Те же данные проставляют у трубных проводов, изображаемых штрихпунктирными линиями. Трубные проводки маркируют в том же порядке, номерами с нулем впереди.

1. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы: Справ. пособие / Под ред. Б. Д. Кошарского.— 3-е изд.— Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1976.— 488 с.
2. Барласов Б. З., Ильин В. И. Наладка приборов и систем автоматизации.— М. : Высш. шк., 1985.— 304 с.
3. Барласов Б. З., Демкович В. А. Предмонтажная проверка средств автоматизации.— Л. : Стройиздат. Ленингр. отд-ние.— 1979.— 264 с.
4. Временные правила производства и приемки пусконаладочных работ систем автоматизации: РМ4-161—77.— М. : Главмонтажавтоматика, 1977.— 52 с.
5. Временные методические указания. Проектирование метрологических служб объединений (предприятий) пищевой промышленности.— Одесса: Пищепромавтоматика, 1986.— 48 с.
6. Емельянов А. И., Капкин О. В. Проектирование систем автоматизации производственных процессов : Справ. пособие.— 3-е изд. — М. : Энергоатомиздат, 1983.— 400 с.
7. Ивашин Г. В., Никитенко К. Ф. Монтаж, наладка и эксплуатация автоматических устройств в пищевой промышленности.— М. : Пищ. пром-сть, 1977.— 176 с.
8. Инструкция о порядке комплексной подготовки предприятий пищевой промышленности по внедрению АСУ и новых средств измерения и автоматизации: РДИ18-21—83.— Одесса : Пищепромавтоматика, 1983.— 13 с.
9. Ключев А. С., Минаев П. А. Наладка систем контроля и автоматического управления.— Л. : Стройиздат, Ленингр. отд-ние.— 1980.— 208 с.
10. Минаев П. А. Монтаж проводок систем контроля и автоматики.— М. : Стройиздат, 1981.— 200 с.
11. Миранцев Г. Я. Ремонт автоматических приборов и регуляторов.— М. : Энергия, 1980.— 224 с.
12. Монтаж приборов и средств автоматизации: Справочник / Под ред. А. С. Ключева.— 2-е изд.— М. : Энергия, 1979.— 728 с.
13. Организация и порядок проведения поверки, ревизии и экспертизы средств измерений: ГОСТ 8.002—71.— М. : Изд-во стандартов, 1972.— 24 с.
14. Правила производства и приемки пусконаладочных работ систем автоматизации: АО7-2/79.— Одесса: Пищепромавтоматика, 1979.— 56 с.
15. Правила регистрации Госстандартом СССР предприятий и организаций, изготовляющих, ремонтирующих и проверяющих средства измерений и выдачи им разрешения на право ремонта и проверки средств измерений: РДП-89—77.— М. : Изд-во стандартов, 1978.— 22 с.
16. Ремонт КИП и автоматики на предприятиях пищевой промышленности / А. А. Греско, А. Я. Анушко, В. Н. Борисенко, С. Н. Рудченко.— К. : Техніка, 1983.— 180 с.
17. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования / А. В. Дубровский, Е. И. Забкрицкий, В. Г. Трегуб— 2-е изд.— В 2 ч.— К. : Наук. думка, 1981.— 940 с.
18. Системы автоматизации технологических процессов. Требования к выполнению проектной документации: РМ4-107—82.— М. : Главмонтажавтоматика, 1982.— 138 с.
19. Типовое положение о метрологической службе предприятий пищевой промышленности.— Одесса: Пищепромавтоматика, 1979.— 140 с.
20. Трегуб В. Г., Ладанюк А. П. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации пищевых производств.— М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1980.— 352 с.
21. Трегуб В. Г., Терновыи А. В. Наладка и эксплуатация систем автоматизации пищевых производств.— К. : Техніка, 1978.— 320 с.

	Стр.
Предисловие	3
Глава 1. Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП).	4
Структура ГСП и классификация входящих в нее приборов и средств автоматизации	4
Унифицированные сигналы ГСП	5
Глава 2. Прикладные основы метрологии	7
Основные понятия и определения	7
Глава 3. Служба метрологии и автоматизация предприятия	9
Задачи службы метрологии и автоматизации	11
Обслуживание систем, приборов и средств автоматизации	11
Метрологическое обеспечение производства	12
Развитие автоматизации, совершенствование метрологического обеспечения	12
Основные работы, проводимые службой метрологии и автоматизации предприятия	12
Техническое обслуживание	13
Текущий ремонт	14
Капитальный ремонт	14
Поверка	15
Взаимоотношения службы метрологии и автоматизации предприятия с другими подразделениями и организациями	17
Документация службы метрологии и автоматизации	19
Глава 4. Первичные измерительные преобразователи	20
Первичные измерительные преобразователи температуры	20
Термометры расширения	20
Манометрические термометры	20
Термоэлектрические преобразователи (ТЭ)	26
Термопреобразователи сопротивления (ТС)	31
Преобразователи измерительные (нормирующие)	42
Преобразователи типа ПТ-ТС-68 и ПТ-ТП-68	42
Преобразователи типа Ш78 и Ш79	44
Первичные измерительные преобразователи давления	53
Деформационные преобразователи	54
Преобразователи типа МП	54
Преобразователи измерительные типа «Сапфир-22»	58
Преобразователи пневматические с силовой компенсацией ГСП	66
Первичные измерительные преобразователи уровня	69
Сигнализаторы уровня типа СУС	71
Уровнемеры пневматические буйковые типа УБ-П	75
Глава 5. Вторичные электрические и пневматические приборы	79
Вторичные электрические приборы	80
Автоматические электронные потенциометры комплекса КС	80
Автоматические электронные мосты комплекса КС	87
Автоматические электронные приборы с токовым входным унифицированным сигналом комплекса КС	89
Автоматические электронные приборы с дифференциально-трансформаторной схемой комплекса КС	91
Логометры	96
Пирометрические милливольтметры	99
Вторичные пневматические приборы	105
Типовые элементы вторичных приборов	112
Полупроводниковые усилители типа У1, У2, У3	112
Реверсивные двигатели	115
Техническое обслуживание вторичных приборов	116

Глава 6. Автоматические регуляторы и регулирующие устройства	118
Электрические регуляторы	118
Приборы регулирующие серии Р25 системы «Контур»	118
Приборы регулирующие серии РС29 системы «Контур-2»	127
Пневматические регуляторы	139
Позиционный регулятор типа ПР1.5	140
Пропорциональный регулятор ПР2.8	142
Пропорционально-интегральный регулятор типа ПР3.31	145
Пропорционально-интегральное регулирующее устройство приборного типа ПР2	148
Глава 7. Исполнительные механизмы	153
Электрические исполнительные механизмы	153
Пневматические исполнительные механизмы	155
Позиционеры	157
Глава 8. Основные сведения о проектной документации по автоматизации технологических процессов	159
Структурные схемы	159
Функциональные схемы автоматизации (ФСА)	160
Принципиальные схемы	166
Принципиальные электрические схемы (ПЭС)	167
Принципиальные пневматические схемы	169
Монтажные схемы щитов и пультов	170
Схемы внешних проводок	172
Список литературы	173

Справочник специалиста

Александр Андреевич ГРЕСЬКО

Людмила Анатольевна ДОЛГАЯ

Справочник слесаря по контрольно-измерительным приборам

Редактор О. П. Бондаренко

Оформление художника Л. А. Дикарева

Художественный редактор Ю. Я. Чертова

Технический редактор С. В. Иванус

Корректор Т. Е. Царинская

ИБ № 2996

Сдано в набор 06.01.88. Подписано в печать 21.06.88. БФ 10517. Формат 60×90^{1/16}.
Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 11.
Усл. кр.-отт. 11,25. Уч.-изд. л. 16,14. Тираж 33000 экз. Зак. № 8-579. Цена 1 р.

Издательство «Техника». 252601 Киев, I, ул. Крещатик, 5.

Книжная фабрика им. М. В. Фрунзе, 310057, Харьков-57, Донец-Захаржевского, 6/8.